



4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한 개발협력사업 발전방안 연구

2020. 10

4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한 개발협력사업 발전방안 연구

2020. 10.

한국국제협력단

저자

책임연구원

윤 유 리

- 한국국제협력단 ODA연구정보센터 연구원/과장
- 성균관대학교 경영학(무역학) 박사

주요 연구 실적

- ▷ 2019. 신북방정책과 ODA전략 연계 방향 연구. 성남: 한국국제협력단
- ▷ 2019. “UN 고위급정치포럼(HLPF)의 SDGs 이행과정검토Ⅳ.” 개발과 이슈. no. 59.
- ▷ 2019. 선진국의 중진국 원조 출구전략 연구. 성남: 한국국제협력단
- ▷ 2019. “2030 어젠다 달성을 위한 GPEDC의 역할 및 한국의 기여 방안.” 개발과 이슈. no. 53.
- ▷ 2018. “UN 고위급정치포럼(HLPF)의 SDGs 이행과정검토Ⅱ.” 개발과 이슈. no. 46.
- ▷ 2018. “중국 일대일로와 일본 커넥티비티 이니셔티브를 통해 본 KOICA의 함의.” 개발과 이슈. no. 43.

공동연구원

고 요 한

- 한국국제협력단 ODA연구정보센터 연구원/과장
- 컬럼비아 대학 School of International and Public Affairs 국제학 석사

주요 연구 실적

- ▷ (공저) 2020. “개발재원 : TOSSD와 혼합재원 논의를 중심으로.” 개발과 이슈. no. 60.
- ▷ (공저) 2019. 중소기업 맞춤형 협력방안 연구 : 페루와 인도네시아를 중심으로. 성남: 한국국제협력단
- ▷ (편저) 2019. 열두개의 키워드로 이해하는 국제개발협력. 서울 : 한올아카데미
- ▷ 2018. “예산지원(Budget Support)의 최신 동향과 과제.” 국제개발협력 2018-4: 107-124. 성남: 한국국제협력단

안 미 선

- 한국국제협력단 ODA연구정보센터 행정원
- 서울대학교 국제대학원 국제지역학 석사

주요 연구 실적

- ▷ (공저) 2020. “개발협력의 관점에서 본 코로나19의 영향과 대응방안.” 개발과 이슈. no. 61.

본 보고서의 내용은 한국국제협력단의 공식적인 입장과 일치하지 않을 수 있음을 밝힙니다.

본 연구보고서에는 제3자에게 권리(저작권)가 있는 저작물이 포함되어 있을 수 있습니다. 해당 내용 이용 허락은 사용자가 권리당사자에게 직접 확인해야 하며, 그 사용에 관한 일체의 책임은 사용자에게 있습니다.

본 연구보고서의 내용은 출처와 집필자 명시 하에 인용이 가능하며, 아래와 같이 표기 바랍니다.

윤유리, 고요한, 안미선. 2020. 4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한 개발협력사업 발전방안 연구. 성남: 한국국제협력단

※ 본 자료는 KOICA 도서관 홈페이지(<http://lib.koica.go.kr>)를 통해서도 볼 수 있습니다.

국문 요약

4차 산업혁명의 정의에 대해서는 다양한 견해가 있으나, 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 등 3차 산업혁명 핵심기술을 바탕으로 현실세계와 가상세계가 융합함으로써 새로운 경제사회 패러다임을 제시하고 있다는 점에는 이견이 없다. 바이오·물리·디지털의 연결 융합을 통해 ICT 기술을 접목한 하나의 시스템을 구현하며, 스마트팩토리, 스마트시티, 스마트팜, 스마트 의료, 전자정부 또는 금융 시스템이 그 예이다.

4차 산업혁명을 앞세운 기술의 진화는 사회적 유연성이 높은 선진국을 중심으로 빠르게 확산되고 있으며, 이에 상대적으로 기술수준 및 사회적 유연성이 낮은 개발도상국과의 격차는 점점 벌어지고 있다. 한국의 경우, 4차 산업혁명의 활성화를 통한 혁신성장을 도모하기 위해 R&D사업에 정부 정책 역량을 집중하고, 4차 산업혁명에 적합한 국제표준화 역량 강화 및 표준화 활동 지원, 전문인력 양성을 추진하는 등의 노력을 기울이고 있다.

이미 기술 정보 격차를 겪고 있는 개발도상국에서 4차 산업혁명 기술을 활용하여 개발협력 사업을 실시한다면, 기존 사업 수행방식을 개선하고 사업 효과성을 제고할 수 있을 뿐만 아니라 기술이전 및 확산의 효과도 기대할 수 있다. 이에 본 연구에서는 IoT, 빅데이터, 클라우드, 모바일, 인공지능과 그 밖의 제반기술을 4차 산업혁명 혁신기술이라 칭하고 개발협력 사업에의 적용 가능성을 검토한다.

다만 개도국의 경우, 국가별, 지역별 ICT 환경 및 인적자원 고도화 수준이 다르기 때문에 개발협력 사업 시 차별화된 접근이 요구된다. 국가 및 지역을 넘어서는 기술 표준화 및 데이터 네트워크 구축과 동시에 개별적으로 적용 가능한 혁신기술과 그 활용 방안을 모색해야 한다.

먼저 전반적인 개발협력 사업에서 4차 산업혁명 혁신기술의 적용가능성을 기후변화대응, 식수 및 위생관리, 농업, 보건, 무역, 교통, 건설, 에너지, 교육, 공공행정으로 나누어 살펴보고자 한다. 기후변화 대응 및 에너지 분야에서 4차 산업 기술은 기존 에너지의 손실 및 불필요한 소비를 줄이고 신재생에너지를 활용함으로써 탄소 저감에 기여한다. 식수 및 위생관리에 있어서는, 스마트미터를 활용하여 누수를 방지하고 식수를 효율적으로 관리하며, 원격 조망을 통해 오염원을 조기에 파악하고 관리할 수 있다. 농업 분야에서 스마트팜은 디지털 기술을 통해

농산물의 수량과 품질을 모니터링하고 최적화하여 생산적이고 지속가능한 상품 재배 및 유통을 가능케 한다. 원격 진료 및 빅데이터를 활용한 진단 및 처방은 보건 분야에서 건강 형평성을 실현하며 건강하고 생산적인 노후를 대비케 한다. 무역, 교통, 건설에서의 4차 산업 기술은 사업 전 단계에 걸쳐 효율적인 의사결정에 도움을 주며, 편의성과 안전성을 제고한다. 교육 분야에서는 공평한 양질의 교육 보장 및 평생교육 기회를 증진하는 수단으로 활용되며, 공공행정에서는 기존 행정서비스의 고도화 및 선진화된 서비스 제공을 통해 국민의 접근 편의성을 높이고 국가의 신뢰성을 높일 수 있다.

선진 공여기관에서는 개발협력 사업에서 이미 이와 같은 4차 산업 기술을 활용하고 있는 바, 본 보고서에서는 독일 연방 경제협력 및 개발부(BMZ) 및 네덜란드 IT4D 사례, 국제연합무역 개발회의(United Nation Conference on Trade and Development, UNCTAD)와 아시아 개발은행(Asian Development Bank, ADB)의 실시 사례를 검토하였다.

4차 산업 혁신기술은 사업 효과성 제고 및 기술 이전의 효과 등 장점도 있지만, 자동화 및 도시인구 집중으로 인한 불평등, 억압, 불안정성 증가의 위험성도 함께 가지고 있어 이에 대한 사회보장 조치가 수반되어야 한다. 또한 기본 디지털 문해 능력 보유, 데이터 보안 및 개인정보 보호, 기술 활용 관련 규정 마련, 네트워크 등 관련 인프라 구축 및 이를 위한 민간 재원 동원 등의 과제가 함께 고민되어야 할 것이다.

4차 산업 혁신기술의 장단을 고려했을 때, 현재 KOICA의 기존 개발협력 사업에서 공공행정, 교육, 기술환경에너지, 농림수산, 보건의료 분야별 활용 가능한 기술을 선별하고 적용가능성에 대해 검토하였다.

KOICA의 사업구성요소 중 가장 큰 비중을 차지하는 분야는 건축 및 기자재이다. 건축의 경우 BIM(Building Information Modelling) 플랫폼을 도입하여 설계오류를 최소화하고 자재를 효율적으로 관리할 수 있다. 또한 드론과 센서를 이용하여 안전사고를 예방할 수 있다.

교육 분야 중 직업훈련 사업에서는 가상(VR)·증강(AR) 현실을 활용한 직업솔루션을 공급하여 ‘실감형’ 직업훈련을 실시할 수 있다. 보건의료 분야에서도 VR·AR을 활용하여 의료인력 교육을 수행할 수 있고 사물인터넷을 활용한 원격의료를 도입할 수 있다. 공공행정의 경우 전자정부 관련 IT 시스템 구축 사업의 비중이 크기 때문에, 빅데이터, 사물인터넷, 블록체인 기술을 활용하여 통합적인 업무처리 환경을 조성하고 보안 및 투명성을 강화할 수 있다. 농림수산 분야에서는,

농촌개발사업 시 부족한 인프라 환경을 감안한 단계별 스마트팜 도입을 고려할 수 있다. KOICA의 기술환경에너지 분야 사업의 경우 수자원관리 사업이 높은 비중을 차지하는데, 이중에서도 거버넌스 개선에 많은 예산이 투입되고 있다. 사물인터넷 및 빅데이터 등을 활용하여 수자원 관리의 효율성을 제고하고 통합적 수자원관리계획을 세울 수 있는 시스템을 구축 지원할 수 있다.

또한, KOICA는 혁신기술을 활용한 개발협력사업을 실시하기 위해 운영하고 있는 혁신적 기술프로그램(Creative Technology Solution, CTS)을 통해 4차 산업 혁신기술을 적극 활용할 수 있을 것이다.

KOICA 사업의 경우 4차 산업 혁신기술을 활용한 새로운 사업의 발굴 보다는, 기존의 사업 요소 중 일부를 4차 산업 혁신기술로 대체함으로써 위험부담을 줄이고 사업 효과성을 제고할 수 있을 것이다. 인프라 제반이 부족한 개도국의 경우, 부분적인 기술의 도입부터 점차 확대해가는 방안 및 지역의 특성에 부합하는 기술 활용 등 수요에 맞는 적합한 기술 수준과 활용에 대한 고민과 사업 발굴이 지속적으로 요구된다.

또한 4차 산업 혁신기술이 개도국에서 지속적으로 활용되고 정착되기 위해서 민간의 참여를 확대해야하며, 개도국의 디지털 역량, 연구개발 및 혁신클러스터 역량 등 4차 산업 대응 역량을 강화하기 위한 국가 간 협력 및 개도국의 4차 산업 혁신기술접근성 강화를 지원하는 후속 연구가 필요하다.

KOICA는 장기적인 관점에서 4차 산업기술을 활용한 효과적인 사업 관리 및 후속 사업 발굴을 위해 내부적으로 데이터를 체계적으로 관리하는 시스템이 구축되어야할 것이다. 빅데이터 구축을 통해 향후 데이터를 기반으로 한 효율적인 개발협력사업을 실시할 수 있을 것이다.

Abstract

There has been a diverse discussion ongoing in defining the Fourth Industrial Revolution(4th IR), but it is agreed upon that 4th IR suggests a new socio-economic paradigm combining real world and virtual world based on 3rd IR technologies such as Artificial Intelligence(AI), Big Data, Internet of things(IoT), Cloud system and Blockchain.

Technological advance triggered by 4th IR dramatically spreads among the high-income countries with high social flexibility, further aggravating digital divide between high income with low and middle income countries which have relatively lower level of technologies and social flexibility.

Applying 4th IR technologies to development cooperation projects can transform the way that development has been carried out and improve its effectiveness. At the same time technology transfer and spillover effects to developing countries can be expected. Against this backdrop, this paper defines AI, Big Data, IoT, Cloud, and Mobile Technologies along with other related techniques as *4th IR Innovative Technologies* and examines their applicability to development cooperation projects. However, since developing countries have different digital capacity and supporting structure the application of *4th IR Innovative Technologies* to development projects with a strategic approach in consideration of the local context is highly required.

The study looks into applicability of *4th IR Innovative Technologies* to general international development projects by sector as followed; response to climate change, water and sanitation, agriculture, health, trade, transportation, construction, energy, education and public administration. These technologies enable to build more effective, productive, sustainable, transparent and accountable system of each sector. In the sector of response to climate change and energy, *4th IR Innovative Technologies* could advance energy efficiency, thereby minimize

distribution losses and unnecessary energy consumption. Utilized in renewable energy they could also contribute to carbon emission reduction. In the field of water and sanitation, adopting smart meter could prevent water leakage, improve water service, and with real-time and remote sensing, it could early detect contaminants in waterways and effectively monitor them. In the sector of agriculture, smart farm could optimize the environments related to growth of crops and livestock by remotely controlling them with means of digital technologies, which could lead to a more productive and sustainable cultivation and distribution. Telemedicine with diagnosis and prescription utilizing big data analytics could realize health equity in health sector and make the provision for old age more healthy and productive. *4th IR Innovative Technologies* in trade, transportation and construction could help in effective decision making and enhance convenience and safety throughout the whole relevant processes. In education sector, these digital technologies could be applied to assure high quality education to everyone and promote opportunities for lifelong education. In regard to public administration, these technologies could help improve public service delivery to citizens and make governments accountable providing advanced and effective public services.

Various cases of utilizing *4th IR Innovative Technologies* to development cooperation projects by the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development(BMZ), Netherlands, United Nation Conference on Trade and Development(UNCTAD) and Asian Development Bank(ADB) are examined in this study.

4th IR Innovative Technologies could help to strengthen the effectiveness of development cooperation and accelerate technology transfer in developing countries, however, it is worth noting that these technologies also have potential negative impacts. Low skilled jobs will be replaced by automation, with high risks of widening inequalities and social unrest. Social assistance programs are needed to tackle these problems, accompanied by strategic and coordinated efforts to raise digital literacy and data security, protect personal information, prepare related

guidelines and regulations, and build essential infrastructure by mobilizing funds from private sector.

Taking these pros and cons into account, this study reviews applicable technologies to KOICA's current development projects in each sector; public administration, education, technology, environment and energy, agriculture, forestry and fisheries, and health and examines their potential for utilization.

A major component of KOICA projects is construction and equipment. In case of construction, BIM(Building Information Modelling) platform could help minimize errors in design process and project management by facilitating collaboration between architects, engineers and end-users. In addition, drones and sensors could be used to prevent safety accidents. Virtual Reality(VR), and Augmented Reality(AR) could provide tangible job training in education sector as well as in health sector. IoT makes telemedicine available. In public administration sector, KOICA could create an integrated and coordinated working system and strengthen security and accountability for e-government projects with helps of Big Data, IoT and Blockchain technologies. In agriculture, forestry and fisheries sector, smart farm system, adjusted to existing infrastructures, could be adopted to rural development projects. In technology, environment and energy sector, IoT and Big Data could assist to build an efficient and comprehensive water management system for water resource management projects. Furthermore, KOICA could actively utilize *4th IR Innovative Technologies* via Creative Technology Solution(CTS) program in cooperation with IT start-ups and venture enterprises.

Adopting *4th IR Innovative Technologies* to some components of the projects could improve their effectiveness and further reduce risks of starting whole new projects. Due to barriers including low quality of infrastructure and affordability in developing countries, gradual introduction of technologies and digital strategies rooted in the local context are highly recommended. Moreover, to lay the groundwork for sustainable and active use of *4th IR Innovative Technologies*, participation of private sectors to development should be encouraged. Besides,

follow-up studies to increase digital capabilities and innovation clusters' capacities in developing countries are required. In long term, KOICA should facilitate a data management system to effectively manage ongoing projects and search for future projects in use of *4th IR Innovative Technologies*.

목 차

국문 요약	i
Abstract	iv
I. 서론	1
1. 연구배경 및 목적	1
2. 연구범위 및 방법	4
II. 4차 산업혁명 기반 혁신기술	5
1. 4차 산업혁명의 주요 기술 논의 현황	5
2. 한국의 4차 산업혁명 기반 기술현황	9
3. 4차 산업혁명 기반 혁신기술의 정의 및 주요 기술 범위	17
III. 개발협력 사업에 적용 가능한 혁신 기술 및 도입 현황	20
1. 개발협력에서 4차 산업혁명 이슈 및 논의 현황	20
2. 개발협력 사업 분야별 적용 가능한 혁신 기술	27
1) 기후변화	27
2) 식수 및 위생 관리	30
3) 농업	31
4) 보건	32
5) 무역	34
6) 교통	34
7) 건설	35
8) 에너지	36
9) 교육	37
10) 공공행정	38

3. 개발협력사업 분야별 적용 사례	39
1) 기후변화	39
2) 식수 및 위생 관리	40
3) 농업	40
4) 보건	41
5) 무역	41
6) 교통	42
7) 교육	42
8) 기타 사례	43
4. 4IR 기반 혁신 기술 적용의 문제점	44
 IV. KOICA 사업 분야별 혁신기술 적용 가능성	48
1. 사업구성요소 측면 - 건축	48
2. 사업 분야 측면	50
1) 교육 - 직업훈련 사업	50
2) 보건의료 - 모자보건 및 의료시설지원 사업	51
3) 공공행정 - 전자정부사업	53
4) 농림수산 - 농촌개발사업	54
5) 기술환경에너지 - 식수 및 수자원관리사업	56
3. 사업형태 측면 - CTS 기업 활용	57
4. 소결: 사업 분야별 혁신기술 적용 가능성	57
 V. 결론 및 시사점	60
 참고문헌	62
 부록	68
부록 1. 4차 산업혁명 추진 관련 지표	68
부록 2. 4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한 개발협력사업 발전방안 연구 사례 정리	71
부록 3. 스마트팜 관계자 인터뷰 내용	76
부록 4. 2017-2019 4차 산업혁명 상 수상 기업 리스트	79

표 목차

〈표 I-1〉 산업혁명의 진화	1
〈표 II-1〉 한국의 4차 산업혁명 핵심기술 정의	10
〈표 II-2〉 산업 대분류 별 4차산업 기술 개발 및 활용 기업 수 및 구성비	11
〈표 II-3〉 4차산업 기술별 개발 및 활용 기업 수	11
〈표 II-4〉 단계별 4차산업 기술 개발 및 활용 기업 수	11
〈표 II-5〉 4차 산업혁명 주요 테마 및 세부기술	12
〈표 II-6〉 4차 산업혁명 요소기술 수준의 정의	17
〈표 II-7〉 문헌에서 언급된 4차 산업혁명 기술	18
〈표 III-1〉 GCI 지역별 분야별 평균 점수	22
〈표 III-2〉 기후변화 대응 및 적응에 활용할 수 있는 4IR 기술	28
〈표 III-3〉 식수 및 위생관리에 활용할 수 있는 4IR 기술	30
〈표 III-4〉 농업에 활용할 수 있는 4IR 기술	32
〈표 III-5〉 보건에 활용할 수 있는 4IR 기술	33
〈표 III-6〉 무역에 활용할 수 있는 4IR 기술	34
〈표 III-7〉 교통에 활용할 수 있는 4IR 기술	35
〈표 III-8〉 건설에 활용할 수 있는 4IR 기술	36
〈표 III-9〉 에너지에 활용할 수 있는 4IR 기술	37
〈표 III-10〉 교육에 활용할 수 있는 4IR 기술	37
〈표 III-11〉 공공행정에 활용할 수 있는 4IR 기술	38
〈표 IV-1〉 건축 요소에서 활용할 수 있는 4IR 기술	49
〈표 IV-2〉 디지털 건설 기술 스타트업 기업	50
〈표 IV-3〉 직업훈련 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용	51
〈표 IV-4〉 모자보건 및 의료시설지원 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용	52
〈표 IV-5〉 메디컬 VR·AR를 활용한 의학교육 사례	52
〈표 IV-6〉 전자정부 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용	54
〈표 IV-7〉 농촌개발사업의 사업구성 요소와 구체 내용	55
〈표 IV-8〉 식수 및 수자원 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용	57

그림 목차

〈그림 Ⅱ-1〉 4차 산업혁명 주요기술 확보수준 및 국내산업 대응수준	10
〈그림 Ⅱ-2〉 4차 산업혁명 관련 과학-기술-산업간 연계도	13
〈그림 Ⅱ-3〉 분야별 4차 산업혁명 지표	14
〈그림 Ⅱ-4〉 8대 선도 사업 기존 발표 주요대책과 예산반영 현황(억원)	16
〈그림 Ⅲ-1〉 2019년 네트워크준비지수	23
〈그림 Ⅲ-2〉 지역별 전자정부발전지수(2016, 2018, 2020)	24
〈그림 Ⅲ-3〉 2020 개도국 특성별 평균 전자정부발전지수	24
〈그림 Ⅲ-4〉 4차 산업혁명 추진역량분야	26

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

2016년 다보스포럼¹⁾에서 언급되며 사회적 반향을 일으킨 4차 산업혁명(4th Industrial Revolution, 4IR)은 현실(offline)과 가상(online)을 융합하며 오늘날 사회 전반에 걸쳐 그 파급력을 나타내고 있다. 4차 산업혁명의 파급력은 단순히 과학기술적인 부분에 한정적으로 나타나는 것이 아닌, 경제·사회 및 일자리, 그리고 인문학적인 측면에서도 그 영향력을 보이고 있다. 4차 산업혁명은 그간의 산업혁명에서와 같이 새로운 기술의 등장에 의한 변화라기보다는, 기존의 개발된 기술 간의 융합을 바탕으로 혁신기술에 의한 새로운 사회를 제시하고 있다는 점에서 그 차이를 보이고 있다. 4차 산업혁명의 양대 기술로 인공지능·빅데이터와 블록체인 등이 주로 언급되고 있는데, 1·2·3차 산업혁명의 기술적 결과들을 바탕으로 오늘날 현실세계와 가상세계가 융합되며 새로운 경제사회적 변화를 제시하고 있다. 더욱이 이러한 변화는 인터넷을 기반으로 빠르게 확산되고 있으며, 사회적 수용정도에 따라 전개가 가속화되는 현상을 찾아볼 수 있다.

〈표 I-1〉 산업혁명의 진화

구분	내용					
혁명	인지혁명	농업혁명	과학혁명			지능혁명
			1차 산업혁명 (증기)	2차 산업혁명 (전기)	3차 산업혁명 (정보)	4차 산업혁명 (지능)
	물질혁명	물질혁명	물질혁명	물질혁명	정신혁명	물질혁명 정신혁명
경제	물질소비	물질생산	물질생산	물질소비	정보생산	정신소비
	소비	생산+소비 (결합)	생산/소비 (분리)			생산+소비 (DIY)
갈등			제국주의	1,2차 세계대전	반복 증폭되는 경제위기	양극화 심화

자료: KAIST 문술미래전략대학원 · KCERN 2017에서 일부 발췌

1) 매년 스위스의 다보스에서 개최되는 세계경제포럼(World Economic Forum) 연차 총회의 통칭으로 세계 각국의 정계·관계·재계의 수뇌들이 모여 각종 정보를 교환하고, 세계경제 발전방안에 대하여 논의함

4차 산업혁명 정의에 대한 논의는 여전히 진행 중이나, 최근 등장하고 있는 기술에 의해 나타나고 있는 현상이 이전과는 다소 다른 양상을 보이고 있는 것은 사실이다. 더욱이 현실세계와 가상세계의 융합은 한계비용 제로사회²⁾로의 진입까지도 논의되고 있어, 정보와 기술 인프라의 중요성은 더욱 강조되는 동시에 갈등 예방차원에서 기술격차를 줄이고 정보비대칭성을 해결하기 위한 다양한 노력이 요구될 것으로 예상할 수 있다.

한편, 4차 산업혁명과 함께 대두되고 있는 기술 및 그 활용에 대한 차이는 국가별로 상이하게 나타나고 있으며, 특히 선진국과 개발도상국 간에는 이미 상당한 격차가 존재한다. 더욱이 기존의 자본에 의한 시장 양극화는 기술 양극화로 인해 심화될 가능성이 높은 만큼, 개발도상국의 지속가능한 발전을 위해 4차 산업혁명 기반 혁신기술에 대한 접근성 향상이 반드시 고려되어야 한다. 단순히 선진국과 개발도상국 간의 문제는 아니지만, 선진국의 자본력을 바탕으로 하는 기술력 확보 및 시장 선점은 결과적으로 산업기술 표준 및 핵심원천기술 특허시장 장악, 나아가 일부 기업의 독과점으로 이어질 수 있다³⁾. 무엇보다도 4차 산업혁명 분야 후발주자의 시장 진입 가능성 차단으로 이어질 수 있는 바, 이에 대한 방안 마련이 반드시 함께 논의될 필요가 있다. 기술격차 외에도 사회적 패러다임 변화에 적절히 적응하기 위해서는 현실과 가상을 융합하는 초연결지능사회 관련 규제 개혁도 반드시 동반되어야 할 것이다. 또한 4차 산업혁명에 의한 패러다임의 변화는 이미 일자리, 조세, 거버넌스 등까지 일고 있어 이를 수용할 수 있는 적절한 체제마련 등에 대한 논의가 필요한 상황이다. 다만, 이러한 변화가 자원과 권력 중심에서 정보와 신뢰 중심 사회로의 재편에 따른 변화이자 정보 비대칭성 해소로 신뢰사회 구축에 가까워진다고 볼 경우, 개발도상국의 투명한 개발 등에 대해 기대를 해볼 수 있을 것이다.

사회적 유연성이 클수록 4차 산업혁명의 혜택을 누릴 가능성이 높는데, 상대적으로 사회적 유연성이 낮은 개발도상국의 경우 기술력 및 기술 적응력의 한계로 세계 시장에서 도태될 가능성이 커지는 바, 국제개발협력 및 SDGs(Sustainable Development Goals) 이행에 있어 기술 수준을 고려한 맞춤형 전략이 필요하다. 또한, 사회적 유연성은 정보의 흐름과

2) 한계비용 제로사회: 대부분의 재화와 서비스가 거의 무료가 되고 이윤이 없어지며, 결과적으로 소유가 무의미해지고 시장의 필요성이 없어지는 사회를 일컫음

3) 이미 클라우드 시장의 경우 글로벌 5대 기업(아마존, 마이크로소프트, 구글, IBM, 알리바바)의 합산 점유율이 2015년 말 54%에서 2018년 3분기 67%를 기록하며 급속히 확대되고 있는 것으로 나타남. 선두주자인 아마존(점유율 30%이상)과 유일한 추격자인 마이크로소프트사(점유율이 15% 정도)를 제외하고는 진입장벽이 높으며, 이미 Hewlett Packard, Cisco Systems 등의 후발주자들은 클라우드 사업을 포기함(한주기 2019)

관련이 높으며, 같은 맥락에서 데이터의 중요성도 대두되고 있다. 정보 비대칭성 해소를 위해서는 반드시 인터넷(온라인) 접근성의 전제 조건이 충족되어야 하는데, 개발도상국의 인터넷 접근성은 SDGs 지표상으로도 낮게 나타난다. 데이터 수집 및 융합기술의 중요성이 강조되고 있는 만큼, LNOB(Leave No One Behind) 차원에서도 해당분야에 취약성을 보이고 있는 개발도상국이 소외되지 않도록 함께 논의되어야 한다.

4차 산업혁명 또는 관련 혁신기술은 국가별 이슈로 국한되지는 않는다. 특히 개발협력 분야에서 사업을 수행하는 입장에서는 새로운 기술을 통한 사업 효과성 제고 외에도 파트너국가로 도입되는 기술의 적용 가능성에 대한 검토가 필요하다. 주요 개발협력 사업 분야인 농촌개발, 의료보건, 기후변화 및 에너지 분야 등의 기술 인프라 뿐만 아니라, 관련 규제 등에 대한 사전검토는 물론 나아가 지속가능성 측면에서 사업 종료 이후 파트너국에서의 활용 가능성까지도 고려되어야 한다. 더욱이 ODA 및 개발협력 사업을 통한 기술 및 기술산업표준 이전은 파트너국에는 새로운 기술인프라 및 표준체계의 구축의 가능성을 제시하는 동시에 공여국에는 관련 시장 선점의 가능성을 제시한다.

최근 많은 기술의 빠른 진화와 융합은 기술·사회·경제 전반에 걸쳐 다양한 파급효과를 보이며, 기술적 사회적 변화의 수용이 수월한 선진국들을 중심으로 시장을 형성하고 있다. 새로운 생산방식 및 비즈니스 모델이 등장하고 확산되고 있으며, 이에 대한 적용 및 수용이 빠를수록 시장을 선점하고, 늦을수록 경쟁에서 도태될 위험성이 높아지고 있다. 이러한 격차로 인한 양극화 현상을 대비하기 위해서라도 혁신기술 도입 및 적용에 있어 기술적·사회적으로 충분한 이해가 필요하며, 우선적으로 활용 가능한 것이 무엇이 있는지 고민해봐야 한다. 따라서 이러한 사안들을 바탕으로 본 연구에서는 4차 산업혁명 기반의 혁신 기술에 대한 이해 및 활용 가능성에 대해 분석하고, 개발협력 사업에 도입할 수 있는 가능성을 검토하여 사업 수행 방식 개선 및 사업 효과성 제고 기반을 마련하고자 한다. 개발협력 사업에서의 4차 산업혁명 혁신기술의 활용은 사업 자체에만 한정적으로 효과를 나타내는 것이 아닌 개발도상국 내 새로운 기술을 이전 및 확산하는 첫 단계이기도 한 바, 다양한 기술을 도입한 사업 사례들을 찾아볼 수 있으며, 점차적으로 확대되고 있다. 이에 타 공여기관의 개발협력 사업에서 혁신기술을 활용한 사례를 살펴보고, 구체적으로 KOICA 프로젝트 사업요소별로 적용 가능한 기술을 제시해 보고자 한다. 나아가 우리나라의 4차 산업혁명 혁신기술의 현황을 바탕으로 우리나라 기업의 글로벌 시장 확대 기여 및 개도국 기술 역량 제고 차원에서 향후 KOICA 사업에서의 적용가능성을 확인해보고자 한다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구에서는 4차 산업혁명 기반의 대표적인 혁신기술에 대한 조사를 바탕으로 각 기술별 국제사회의 동향에 대해 살펴보고자 한다. 또한 한국의 4차 산업혁명 기반 혁신기술 및 동향에 대해서도 간략히 분석해보고자 한다. 그리고 개발협력에서 혁신기술 도입 논의 동향을 살펴보고, 관련 도입 사례를 분석해 보고자 한다. 이를 바탕으로 4차 산업혁명 기반 혁신기술의 KOICA ODA 사업에 적용 및 사업효과성 제고 가능성을 제시해보고자 한다.

이를 위해, 관련 국내외 기존 문헌자료를 바탕으로 KOICA 및 타 원조기관의 공식문서를 통한 문헌조사, 관련 국내 관계자 인터뷰를 주요 연구방법으로 활용하고자 한다.

Ⅱ. 4차 산업혁명 기반 혁신기술

1. 4차 산업혁명의 주요 기술 논의 현황

4차 산업혁명에 대한 논의는 아직 진행 중이며, 합의된 의견도 미비한 상태이다. 또한 아직 4차 산업혁명은 도래하지 않았으며, 3차 산업혁명의 연장선상에 있다고 보기도 한다. 산업혁명의 구분은 그 기준을 무엇으로 놓느냐에 따라 관점의 차이일 수 있다. Rifkin(2011)은 산업혁명을 신기술의 등장과 적용으로 인한 경제 체제와 사회 구조의 급진적 변화로 정의하며 에너지원과 통신/소통방식을 기준으로 구분한 바 있고, Chris Andersen(2012)은 생산자와 소비자 간의 생산-판매-소비의 구분이 무의미해지는 단계를 3차 산업혁명으로 정의한 바 있다. Schwab(2016) 및 Schwab and Davis(2018)는 4차 산업혁명을 3차 산업혁명 기반 위에 다양한 기술 융합의 결과로 물질계, 가상계, 생명계 사이의 경계가 낮아지는(“blurring the lines between the physical, digital and biological sphere”) 사회 전반의 변혁으로 정의하며, 대표적인 기술로 ‘확장된 디지털 기술’, ‘물질계 재구성 기술’, ‘인간 변형 기술’, ‘환경 통합 기술’ 등 4가지 영역에서 12가지 기술⁴⁾을 제시하였다. 산업혁명에 대한 다수의 의견을 종합하면, 3차 산업혁명까지는 특정 기술의 등장으로 인해 합의된 시기가 있었으며, 오늘날 컴퓨터와 인터넷 등의 IT 산업의 발전은 모두 정보화 혁명 혹은 디지털 혁명으로 불리던 3차 산업혁명 시기에 이루어졌다. 반면, 4차 산업혁명은 그 시작점이 불분명하며, 4차 산업혁명기술로 언급되고 있는 다수의 개별 기술들은 이미 3차 산업혁명 시기에 개발된 것이다. 기 개발된 기술 간의 융합을 4차 산업혁명의 특징이라고

4) 클라우드 슈밥은 2016년 ICT기술 중심으로 3가지 영역에서 10여개 기술을 4차 산업혁명 대표 기술로 제시하였으며, 2018년에는 이를 확장하여 4가지 영역에서 12가지 기술을 제시함

2016년		2018년	
디지털 기술	사물인터넷, 블록체인 · 비트코인, 온디맨드 경제(공유경제, 플랫폼비즈니스, 디지털플랫폼)	확장된 디지털 기술	뉴컴퓨팅(중앙집중식 클라우드, 양자 컴퓨팅, 광학 컴퓨팅, 신경망 처리), 블록체인 · 분산원장, 사물인터넷
물질계 기술	무인운송수단(예: 자율주행차량, 드론), 3D 프린팅, 첨단 로봇공학, 신소재(예: 탄소나노튜브, 그래핀, 열경화 플라스틱)	물질계 재구성 기술	인공지능&로봇, 첨단소재 · 나노기술(NT), 적층제조 · 3D 프린팅
생명계 기술	유전자분석 · 활성화 · 편집, 합성생물학, 신경과학, 바이오프린팅	인간 변형 기술	바이오기술(BT), 뇌 · 신경기술, 가상 현실 · 증강현실(VR · AR)
		환경 통합 기술	에너지 포집 · 저장 · 전송 기술, 지구공학, 우주기술

언급하기도 하나 동시에 논란의 핵심이기도 하다.

4차 산업혁명과 함께 가상물리시스템(Cyber Physical System, CPS)⁵⁾이 자주 언급되고 있는데, 이는 4차 산업혁명이 제시하는 바이오·물리·디지털의 연결 융합을 가장 잘 표현하고 있는 시스템으로 들 수 있다. 그리고 앞서 언급된 3차 산업혁명까지와의 차이점으로, 각각의 개별기술의 혁신이기 보다는 이들을 통한 하나의 시스템 혹은 전체 가치사슬 전반에 걸친 ICT(Information & Communication Technology, 정보통신기술)의 접목이기도 하다. 이와 함께 스마트팩토리, 스마트시티, 스마트팜, 스마트 의료 등의 ICT 기술을 통해 자율제어가 가능한 최첨단 시스템이 제시되고 있으며, 블록체인을 활용한 전자정부 시스템 및 금융 시스템 등도 제시되고 있다. 이러한 시스템을 구성하는 각각의 혁신기술로 인공지능, 메카트로닉스, 사물인터넷(Internet of Things, IoT), 3D 프린팅, 나노기술, 바이오기술, 신소재기술, 에너지 저장기술, 퀀텀 컴퓨터 등이 해당되며, 이를 기반으로 기가인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 스마트 단말, 빅데이터, 딥러닝, 드론, 자율주행 자동차 등의 산업이 확산할 것으로 예상되고 있다. 다만, 이들 기술만을 4차 산업혁명 기술로 한정짓기는 다소 어려울 것이다.

국내 문헌을 중심으로도 4차 산업혁명 관련 기술에 대해 다양한 견해를 제시하고 있다. KAIST 문술미래전략대학원·KCERN(2017)은 ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile) 등의 3차 산업혁명 핵심기술을 바탕으로 유비쿼터스, 모바일, 인공지능 기술이 발전하였으며, 이러한 기술들을 융합함으로써 4차 산업혁명이 등장하게 되었다고 하였다. 또한 4차 산업혁명 기술을 인공지능을 중심으로 6대 디지털화 기술(클라우드, 빅데이터, 웨어러블, 사회관계망 서비스(Social Networking Service, SNS), 위치기반 서비스(Location-Based Service, LBS), IoT)과 6대 아날로그화 기술(CPS 디자인, 3D프린터/로봇, 게임화, 플랫폼, 증강·가상현실, 블록체인·핀테크)의 융합(AI+12Tech)으로 보고 있다. 임베디드소프트웨어·시스템산업협회(KESSIA)(2017)에 의하면 4차 산업혁명은 현실과 가상이 인간을 중심으로 데이터 수집(IoT), 데이터 저장 및 분석(Cloud & Big Data), 가치 창출 및 인공지능 분석(AI), 그리고 최적화 및 비즈니스 모델 창출(블록체인) 등 4단계로 융합하는 혁명으로,

5) 가상물리시스템(CPS)이란 로봇이나 의료기기 등 물리적인 실제 시스템과 사이버 공간의 소프트웨어를 실시간으로 통합하고 연결하는 시스템임. 이는 컴퓨터 프로그래밍으로 만들어진 사이버 세계(온라인)와 물리적 법칙에 따라 작동되는 물리 세계(오프라인)가 연결되는 것을 의미함. 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 블록체인 등의 첨단기술을 통해 사이버세계와 물리세계, 온라인과 오프라인이 쌍방향으로 연결되고, CPS의 제어가 가능함(교육부 2020b)

융·복합되며 공진화하는 기술혁신, 제조업의 산업구조 혁신, 인공지능 기반의 플랫폼 비즈니스 등 3가지 측면으로 파악 가능하다고 하였다. 기술혁신 측면에서는 분야 간 경계를 넘는 융·복합을 통한 기술 혁신의 패러다임으로 공유경제 및 상향식(Bottom-up) 스타일의 비즈니스 융합이며, 향후 스마트홈, 스마트공장, 스마트팜 등 스마트 시스템 구축은 범용적인 기술로 자리 잡을 것으로 내다보았다. 산업구조 혁신 관점에서는 ICT 기술을 활용하여 제조공정의 디지털화 또는 스마트공장의 확산으로 볼 수 있으며, 더 넓게 본다면 플랫폼 비즈니스의 확산으로 공유경제 및 온디맨드 서비스 시장, 블록체인 등을 예로 들었다. 통계청 기업활동조사(2018)에서는 현 기업들의 기업활동 분석을 통해 클라우드, 모바일, IoT, 빅데이터, 인공지능, 로봇공학, 3D프린팅, 블록체인, 가상·증강현실(Virtual Reality · Augmented Reality, VR · AR) 기술을 4차 산업혁명 핵심기술로 제시하였다.

한편, Asghar et al(2020)에서는 개발도상국에서의 4차 산업혁명이 가능할 수 있도록 하는 주요 기술로 CPS, 클라우드 컴퓨팅, 로보틱, IoT, 빅데이터, 증강현실, 3D프린팅, 사이버보안, 수직·수평통합 등을 언급하였다. 또한 손혜현(2018)에 의하면 기술과 인프라가 부족한 신흥국에서는 위험요인이 클 수 있다는 비판적 시각이 우세한 가운데, 중남미 지역에서의 블록체인을 활용한 다양한 사례들을 찾아볼 수 있으며, ICT 발전지수 및 숙련도가 상당히 높은 편에 해당하여 4차 산업혁명 혁신 기술을 활용한 다양한 사업들이 가능할 것으로 제시한 바 있다.

4차 산업혁명 혁신기술들 중 활발하게 언급되고 있는 일부 기술별로 살펴보면, 인공지능, 블록체인, IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능, 드론 등에 대한 보고서에서는 각 기술의 정의와 개발도상국에서의 활용 가능성에 대해 다음과 같이 언급하고 있다. KESSIA(2017)는 인공지능 기술이 4차 산업혁명의 핵심적인 기술로 자주 언급되고 있으나 새로운 개념이 아닌 이미 예전부터 생활 속 다양하게 사용되어 오고 있는 기술로, 최근 재조명되고 있다고 하였다. 자동차 실내온도 조절, 자동 수도꼭지 등도 모두 인간의 인지 능력을 모사한 인공지능 기술을 활용한 것인 셈이다. 다만, 인공지능 기술의 핵심인 심층학습(deep learning)의 속도 및 지속적 학습 가능성 여부가 4차 산업혁명 기술력 차이라고 언급한 바 있다.

최근 화제가 되고 있는 블록체인 기술은 투명성, 보안성, 신속성이 필요한 분야에 두루 적용되고 있으며 대표적인 활용 분야로는 금융, 의료, 물류, 공공서비스가 있다. 「유엔미래 보고서 2050」은 미래를 바꿀 10대 기술로 선정하며 블록체인의 분산화와 안정성을 적극

활용하여 안전한 데이터 관리가 가능할 것이라 하였다. 이러한 이유로 블록체인 기술은 개인 간 매매 및 거래, 개인정보관리, 투표관리 등의 광범위한 분야에 이용 가능할 것으로 예상된다(교육부 2020a). 같은 맥락에서 개도국의 불안정한 화폐 경제와 인플레이션 문제, 중앙기관 및 제도의 낮은 신뢰성과 투명성, 높은 자영업자 비율, 높은 인터넷 및 휴대폰 보급률 등은 블록체인의 필요성을 강조하고 있으며, 블록체인의 활용을 통해 원조 투명성 확보 및 포용적인 개발협력이 예상 가능하다.

핀테크는 금융과 기술의 합성어로, 정보통신 및 모바일 관련 기술과 결합된 예금, 대출 등의 다양한 금융서비스를 제공하는 신기술을 일컫는데, 이미 개발협력 사업에서도 상당히 논의된 바 있다. 모바일 기반의 핀테크는 개도국의 빈곤층에게 포용적 금융서비스 제공을 가능하게 하여 빈곤 감소에 기여할 수 있는 중요한 수단으로 인식되고 있다.

스마트 헬스케어는 IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능을 헬스케어와 접목한 분야이다. 삼성KPMG(2018a)는 소비자가 일상생활이나 의료기관 등 전문기관에서 생성해 낸 데이터를 데이터 전문기업이 수집 분석하여 이를 의료 및 건강관리기업이 다시 활용하여 소비자에게 자문 및 치료를 제공하는 서비스로 스마트 헬스케어를 정의하였고, 관련 5대 기술군으로 EHR(electronic health record), PHR(personal health record), Smart health data, Mobile health, Bio health로 제시하고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 기존 기술 간의 융합으로 전통사업자인 의료기기, 제약회사, 의료기관이 웨어러블 디바이스, 모바일 OS, 통신사라는 신규사업자와의 경쟁 및 협력을 통해 시장을 구축하고 있다. 개발협력 사업으로는 개도국의 열악한 보건의료 인프라 상황을 감안할 때 공공보건 서비스 분야에서 활용 가능할 것으로 예상된다.

한편, 이미 아마존 등을 통해 잘 알려져 친숙해진 드론 또는 무인항공기는 공공분야에서는 도시안전 및 재난구조, 환경·해양·산림 감시, 시설물 관리, 측량 등의 업무에 활용될 수 있다. 실제로 UN에서는 의약품 등 인도적 지원 물품을 전달하는데 드론을 사용하고 있으며, 안전하고 효과적인 드론 사용을 위한 법제도 마련, 개인재산 및 정보 보호, 윤리적 구매 등의 이슈가 해결해야 할 과제로 제기되고 있다.

이 외에도 현재 활용되고 있는 자율주행 및 3D 프린팅이 4차 산업혁명 기술로 많이 언급되고 있다. 자율주행은 초고속 5G 통신, IoT 등의 첨단 기술을 집약적으로 사용하며 ICT 기반으로 자동차 운전을 안전하고 편리하게 하는 기술로 교통사고의 위험 감소에 유용할 것으로

예상되며, 운전자의 개입정도에 따라 5가지 수준⁶⁾으로 구분된다. 다만, 기술 고도화를 위해서는 도로시설물, 교통 센터 등의 관련 인프라 지원이 필수적이며 법제도 수립 또한 반드시 수반되어야 해서 개발도상국으로의 적극적인 도입 및 활용은 아직까지는 시기상조로 보이고 있다. IoT, 빅데이터, 인공지능을 바탕으로 한 제조업의 디지털화가 빠르게 진행되고 있는 가운데, 3D 프린팅은 다품종 소량생산을 구현할 수 있는 핵심요소로 볼 수 있다. 관련하여 언급되고 있는 사업 분야로는 기계, 항공우주, 자동차, 소비재/가전, 의료/치과 등으로 매우 광범위하게 활용 가능할 것으로 예상된다. 현재 3D 프린팅 시장은 주로 미국, 중국, 독일이 주도하고 있으며, 우리나라 기술수준은 미국과 비교했을 때 약 2.9년 정도 뒤쳐져 있는 것으로 나타난다(안기찬 2018).

2. 한국의 4차 산업혁명 기반 기술현황

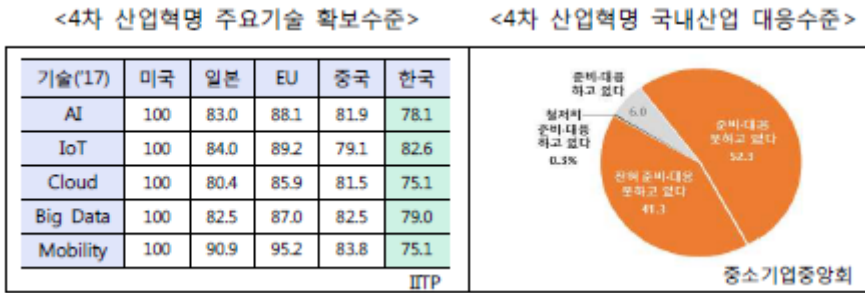
4차 산업혁명 기반 혁신기술에 대한 논의는 한국에서도 진행형이다. 4차 산업혁명이 제시된 이후, 정부는 4차 산업혁명을 ‘지능화 기술로 경제·사회의 대변혁과 기술·인프라·생태계 혁신을 유발, 사람중심 혁신성장을 뒷받침하는 원동력’으로 정의하고 이를 적극 수용하고 정책화하여 관련 산업을 지원하는 많은 지원전략들을 발표하였다(관계부처 합동 2017). 하지만, 그동안 IT 강국으로 불리던 것이 무색하게도 최근 다소 미흡한 전개를 보이고 있음을 부정하기 어렵다. 또한 정부 주도의 4차 산업혁명에 대한 관심이 다소 멀어지면서 산업기술 주요 부처의 R&D 투자도 축소되고 있는 것으로 나타났다⁷⁾. 한국의 4차 산업혁명 기술 경쟁력은 미국, 일본 등의 선진국과 상당한 차이를 보이고 있고 후발국가인 중국과의 차이는 오히려 좁혀지고 있으며, 유니콘 기업⁸⁾의 수도 부족한 것으로 조사되었다.

6) 미국 교통안전국 가이드라인에 따르면, 1단계는 자동 긴급제동, 정속 주행 등 보조 시스템이 운전자를 보조하는 정도이고, 5단계는 운전자가 전혀 개입하지 않고 시스템만으로 완전 자율주행할 수 있는 정도임(교육부 2020a)

7) 산업부 중기부 R&D 비중: 16년 4.36조원에서 17년 4.3조원 그리고 18년도에는 4.25조원으로 지속적인 축소를 보이고 있음(산업통상자원부 2019)

8) 기업가치가 10억달러(1조원) 이상인 비상장 스타트업 기업으로, 대표적으로 우버, 에어비앤비, 핀터레스트, 에버노드, 샤오미, 쿠팡, 크래프톤 등이 있음. 18년 기준 미국은 121개, 중국은 76개, 한국은 6개 기업이 있음(산업통상자원부 2019)

〈그림 II-1〉 4차 산업혁명 주요기술 확보수준 및 국내산업 대응수준



자료: 산업통상자원부 2019

한국의 4차 산업혁명 혁신기술 관련 사업현황을 살펴보면, 2018년 기준 통계청 기업활동 조사보고서에서는 조사대상 기업 중 11.4%인 1,500개 기업이 4차 산업혁명 관련 기술을 개발 및 활용하고 있는 것으로 나타났으며, 4차 산업혁명 핵심기술을 사업화하여 목적사업에 추가한 상장사는 전체 조사대상 132개 기업 중 15.2%인 20개 기업만 해당되는 것으로 나타났다(한국경제연구원 2019). 통계청의 산업분류 기준에 의하면 한국의 4차 산업혁명 관련 기술은 IoT, 클라우드, 빅데이터, 모바일 5G, 인공지능, 블록체인, 3D 프린팅, 로봇공학, VR·AR 등 9가지로 구분된다.

〈표 II-1〉 한국의 4차 산업혁명 핵심기술 정의

기술	정의
사물인터넷 IoT	인터넷을 기반으로 모든 사물을 연결하고 사물-사물 또는 사람-사물 간의 상호 정보 교류 및 소통을 가능하게 하는 지능형 기술 및 서비스
클라우드 Cloud	네트워크를 통해 데이터센터 내에 구축된 대규모의 컴퓨팅 자원을 제공받은 후 해당 자원을 기반으로 애플리케이션 또는 서비스를 개발하는 것
빅데이터 Big Data	디지털 환경 하에서 생성되며 방대한 규모와 짧은 생성주기를 가지는 대규모 데이터로 수치, 문자, 영상의 형태를 모두 포함
모바일 5G Mobile	전파를 통해 물리적 제약 없이 음성이나 영상 및 데이터 등을 송수신 가능하게 하는 이동통신 기술 및 서비스
인공지능 AI	인간의 학습능력과 추론능력, 지각능력, 자연언어의 이해능력 등을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 기술
블록체인 Blockchain	가상 화폐 거래 시 발생 가능한 해킹을 막는 기술로 공공 거래 장부라고도 불림
3D프린팅 3D Printing	플라스틱 등의 경화성 소재를 이용해 3차원 모델링 파일을 출력하여 프린터로 물체를 제작하는 기술
로봇공학 Robotics	로봇설계, 구조, 제어, 지능, 운용 등 로봇 관련 기술을 연구하는 공학 분야로 전기전자공학, 기계공학, 컴퓨터공학 등 다양한 학문을 아우르는 종합적 학문 분야

기술	정의
가상·증강 현실 VR, AR	- 가상현실(Virtual Reality)은 객체를 포함한 배경과 환경 모두 현실이 아닌 가상의 이미지를 사용하는 기술 - 증강현실(Augmented Reality)의 경우 현실 이미지 또는 배경을 기반으로 3차원 가상 이미지를 겹쳐 하나의 영상으로 보여주는 기술

자료: 통계청 2018

〈표 Ⅱ-2〉 산업 대분류 별 4차산업 기술 개발 및 활용 기업 수 및 구성비 (개, %)

	기업수	산업 대분류											
		농림 어업	광업 제조업	제조업	전기 가스업	건설업	도 소매업	운수· 창고업	숙박 음식업	정보 통신업	부동산 업	기타 서비스업	금융 보험업
조사대상 기업수	13,144	30	6,286	6,273	62	567	1,512	755	347	1,101	252	1,875	357
구성비	100.0	0.2	47.8	47.7	0.5	4.3	11.5	5.7	2.6	8.4	1.9	14.3	2.7
4차산업 기술 개발· 활용 기업수	1,500	2	627	627	10	49	137	31	14	420	6	127	77
구성비	100.0	0.1	41.8	41.8	0.7	3.3	9.1	2.1	0.9	28.0	0.4	8.5	5.1

자료: 통계청 2018

이 중 개발·활용 중인 주요 기술은 클라우드 19.1%, 빅데이터 18.4%, IoT 16.3%, 모바일 (5G) 13.5% 등으로 나타났으며, 제품(서비스)개발 57.8%, 마케팅전략 12.7%, 생산공정 11.8%, 조직관리 9.1%, 판매목적 8.7% 등에 활용되고 있는 것으로 조사되었다.

〈표 Ⅱ-3〉 4차산업 기술별 개발 및 활용 기업 수 (개, %)

4차산업 기술 개발·활용 기업수	계	분 야(복수응답)								
		사물 인터넷	클라 우드	빅 데이터	모바일 (5G)	인공 지능	블록 체인	3D 프린팅	로봇 공학	가상증 강현실
1,500	3,074	500	588	567	415	355	149	181	170	149
	100.0	16.3	19.1	18.4	13.5	11.5	4.8	5.9	5.5	4.8

자료: 통계청 2018

〈표 Ⅱ-4〉 단계별 4차산업 기술 개발 및 활용 기업 수 (개, %)

4차산업 기술 개발·활용 기업수	계	단 계(복수응답)				
		제품(서비스) 개발	마케팅 전략	생산공정	조직관리	판매목적
1,500	3,051	1,762	386	359	279	265
	100.0	57.8	12.7	11.8	9.1	8.7

자료: 통계청 2018

기업의 수 또는 비율로 4차 산업혁명 현황을 설명하기에는 다소 부족할 수 있으나, 우리나라의 4차 산업혁명은 제조업과 정보통신업을 중심으로 클라우드와 빅데이터를 활용하고 있는 것으로 보인다. 4차 산업혁명은 결국 각 기술의 세부기술의 개발 및 경쟁력을 기반으로 하고 있다. 이들 기술은 대체적으로 가상공간과 현실공간을 융합하는 경향으로 기술의 생태계 및 산업 범위는 광범위해지고 있으나, 거시적 관점에서의 활용은 아직 고려되지 못하고 있는 실정이다(김인철, 조재한, 김한현 2019).

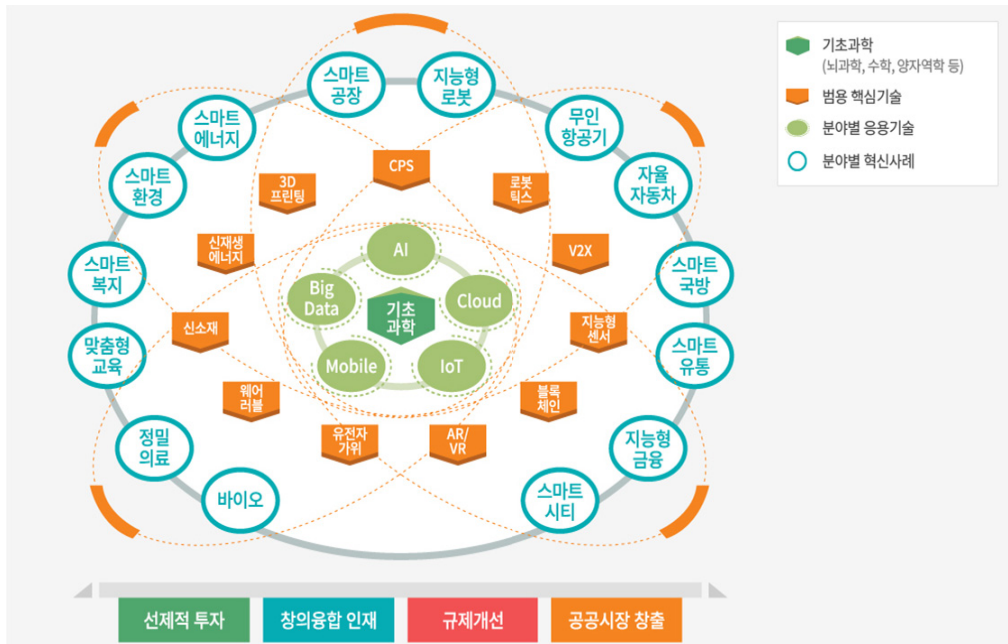
〈표 II-5〉 4차 산업혁명 주요 테마 및 세부기술

자율주행	• 리튬 2차전지 • 충전용 배터리 • 차량용 카메라 모듈 • 전자집적회로(반도체) • 자동차용 전기장치 • 자동차용 모터 및 인버터	• 레이더(Radar), 라이더(Lidar), GPS 시스템, 센서 • 무선통신모듈 • 전기자동차제어기기 • 차량운행 OS 개발 및 관리 기술 • 응용소프트웨어 개발·관리 기술
로봇	• 로봇 • 반도체 및 센서	• 운영체제(OS) 개발 및 관리
인공지능	• CPU • 운영소프트웨어 개발 및 관리	• 머신러닝 SW 등 지능형 SW
빅데이터	• 시스템소프트웨어 개발 및 관리 • 응용소프트웨어 개발 및 관리 • 유선 데이터 전송 • 무선 데이터 전송	• 컴퓨터 프로그래밍 서비스 • 컴퓨터 시스템 구축 • 빅데이터 처리 • 온라인 정보제공
IoT	• 센서 • 사물간 무선통신장비 • 네트워크장비, 인터페이스 장비	• 유선 정보 송수신 • 무선 정보 송수신 • 플랫폼 소프트웨어, 보안 솔루션
모바일	• 스마트폰 • 반도체 • OLED, AMOLED	• 시스템소프트웨어(OS 운영체제) • 응용소프트웨어
가상현실(VR)	• VR 기기 • 반도체 • VR탑재 코덱(시스템 소프트웨어)	• VR 콘텐츠 • 유·무선 정보 송수신
핀테크	• 근거리무선통신(NFC) 관련 기기 • 스마트카드 및 관련 토털 솔루션	• 전자결제 및 온라인 정보제공
무인항공기(드론)	• 드론(무인항공기) 및 부품 • 레이더 및 무선원격 유도장치센서 • 부품(카메라모듈)	• 부품(무선통신장비) • 부품(집적회로) • 부품(렌즈)
3D프린팅	• 3D 프린터기	• 3D 데이터 전달을 위한 SW
블록체인	• 보안 및 운영 소프트웨어 • 암호화 관련 응용소프트웨어	• 인터넷 정보매개 서비스

자료: 박승빈 2017

4차 산업혁명 시대는 기초과학과 각 분야의 기반기술이 융합하며 산업뿐만 아니라 사회 및 삶 전반에 변화를 유발하는 것으로, 기술의 융합을 통한 플랫폼 기반 경제이나, 한국에서 플랫폼 기반은 많지 않은 상황이며, 플랫폼의 틀이 되는 소프트웨어 아키텍처 역량의 부족으로 설계 능력 및 핵심 부품소재 역량도 다소 미흡한 상황으로 평가되고 있다(조계완 2017). 또한 관련 시장 활성화를 위해서는 개별의 기술 개발에 집중하면서 동시에 기술 산업 간의 연계가 요구되지만, 아직까지의 현실은 상당한 간극을 보이고 있는 것으로 나타난다.

〈그림 II-2〉 4차 산업혁명 관련 과학-기술-산업간 연계도

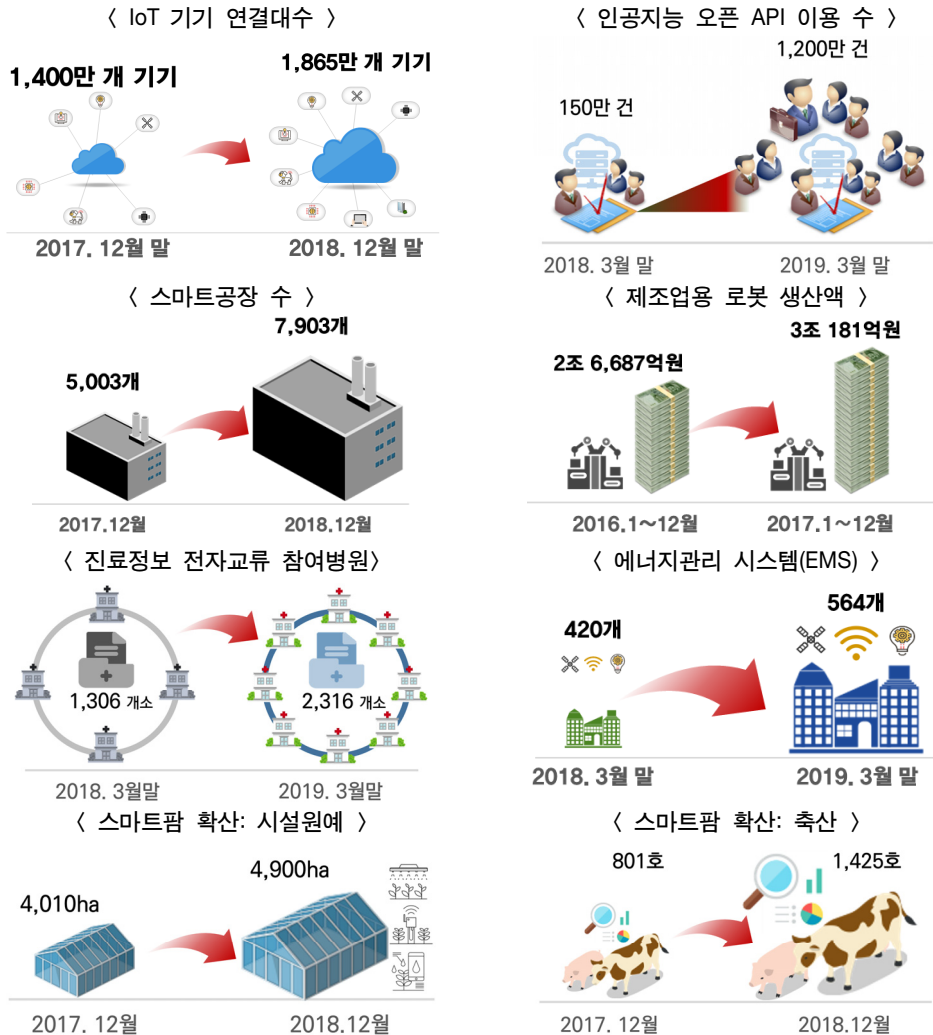


자료: 관계부처 합동 2017

한편, 아직은 다소 미흡한 규모이나 연도별 4차 산업혁명 관련 산업의 사업체 수는 연평균 7%의 지속적 증가세를 보이고 있으며, 특히 2010년 이후 연평균 10% 수준으로 급격히 증가하고 있는 것으로 나타났다(박승빈 2017). 국내 빅데이터 산업에 시장 규모 및 투자가 증가하는 추세를 보이고 있으며, 5G 상용화 경쟁에서도 2019년 6월 기준, 가입자규모 160만 명을 넘어서며 전세계 가입자의 77.5%를 차지하는 것으로 나타났다(김인철, 조재한, 김한현 2019). 또한 ICBM과 인공지능의 접목을 통해 광범위한 가치사슬을 구축하고 나아가 스마트공장, 스마트카, 핀테크, 헬스케어 분야 등으로 빠르게 확대해 나아가고 있는 것으로 보여, 향후 4차 산업혁명 관련 기술시장의 성장이 부정적이지만은 않은 것으로 판단된다.

2019년 7월 과학기술정보통신부는 주요 4차 산업혁명 기술에 대해 분야별 4차 산업혁명 지표 조사 결과를 발표⁹⁾한 바 있다. 비록 4차 산업혁명 기반 기술 현황에 대해서는 전반적으로 비판적인 평가가 많았으나, 지표를 통해 나타나는 현황은 다소 긍정적인 결과를 보였다.

〈그림 Ⅱ-3〉 분야별 4차 산업혁명 지표



자료: 과학기술정보통신부 2019

9) 2017년 11월 4차 산업혁명 대응계획(I-KOREA 4.0) 수립 및 발표와 관련, 4차 산업혁명 추진상황을 국민과 기업이 알기 쉽고 관심 있을 만한 지표로 선정 및 조사(과학기술정보통신부 보도자료: 2019.7.2) / 총 33개 지표, 자세한 내용은 부록 1. 참고

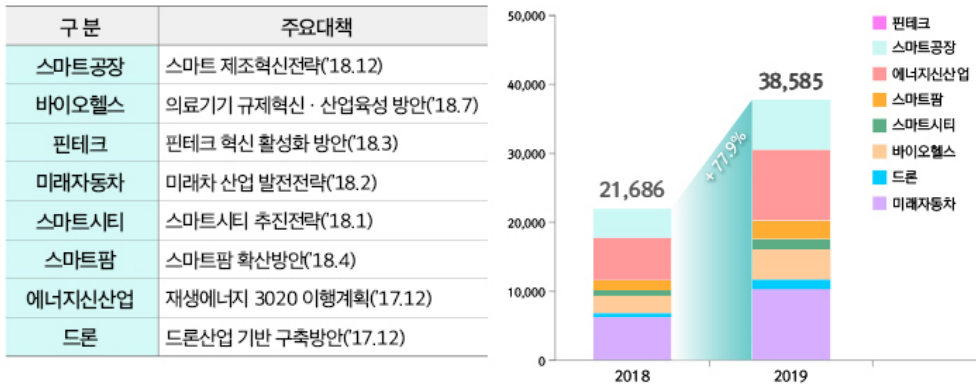
지표는 4차 산업혁명 기반 기술이 우리 일상에 활용되고 있는 정도를 보여주는데, IoT 서비스 가입수는 1,865만개로 전년대비 33.2% 증가하였으며, 인공지능 프로그램(오픈 API) 이용수도 1,200만 건으로 전년대비 7배 상승한 것으로 조사되었다. 스마트 공장도 2018년 7,903개로 2022년까지 3만개 구축 예정이며, 제조업용 로봇 생산액도 증가하고 있는 것으로 나타났다. 인터넷 전문은행 가입자 수 또한 2018년 대비 2019년 3월 기준으로 993만명으로 전년대비 55.7% 증가하였으며, 자율주행을 위한 정밀지도는 1,741km(전년대비 28.9% 증가), 첨단도로시스템은 323km 구축된 것으로 나타났다. 의료 분야에서는, 환자의 진료정보의 의료기관 간 전자교류에 참여하는 병원 수는 2,316개소로 조사되었으며, 에너지 분야에서는, 스마트그리드 확산사업을 통해 도입된 에너지관리시스템(EMS: Energy Management System)이 564개로 전년대비 34.3% 증가한 것으로 나타났다. 이 밖에 스마트시티 통합플랫폼 기반구축 사업에 참여하고 있는 지자체는 37개 도시이며, 농수산업분야의 시설원예는 22.2%, 축산은 77.9% 증가하는 등 스마트팜이 확대되고 있는 것으로 조사되었다.

정부는 4차 산업혁명을 다시금 활성화시키며 혁신성장¹⁰⁾을 도모하고자 하며¹¹⁾, 다양한 기술 간의 융합으로 인한 현실과 가상세계의 융합 및 플랫폼 경제로의 전환을 위해 ‘2018년 경제정책 방향’을 발표하고, 스마트공장, 바이오헬스, 핀테크, 미래자동차, 스마트시티, 스마트팜, 에너지신산업, 드론 등 8대 선도 사업을 선정하여 R&D 자금지원 등의 정부 정책 역량을 집중 추진하기로 하였다. 혁신성장을 통해 4차 산업혁명 기반 기술 개발 및 경쟁력을 높이고, 산업생태계 나아가 경제사회 전반의 혁신을 이끌어 내고자 함이다. 또한 혁신 인프라 분야(DNA분야: Data, Network(5G), AI)와 글로벌 경쟁우위 확보 가능성이 높은 핵심 신산업 분야(BIG3산업: 시스템반도체, 바이오헬스, 미래차)를 중점적으로 육성하고, 20년 정부 예산 4.7조원(DNA분야: 1.7조원, BIG3산업: 3조원) 투자를 계획하였다(대한민국 정책브리핑 2020).

10) 문재인 정부의 경제정책은 소득주도 성장, 혁신성장, 공정경제를 3대 축으로 삼고 있으며, 이중 혁신성장은 우리 경제·사회의 모습과 체질을 근본적으로 바꾸고, ‘사람 중심의 경제’를 실현하기 위한 경제성장 전략이다. 민간주도로 기술·자본·인력을 연결해 경제 전반의 생산성을 높이고, 효율적으로 자원을 배분하는 경제정책이다. 노동시장 개선, 규제 재설계, 사회적 자본 확충 등 경제와 사회 전반의 제도 혁신도 함께 이뤄진다 (대한민국 정책브리핑 2020)

11) 실제 4차 산업혁명의 정의에 따라 기술개발 및 경제사회 변화를 목적으로 하기보다는, 이를 통해 기술 개발 및 혁신기술 활용을 도모하는 목적으로 4차 산업혁명이라는 용어를 사용하는 것으로 사료됨

〈그림 Ⅱ-4〉 8대 선도 사업 기존 발표 주요대책과 예산반영 현황(억원)



자료: 대한민국 정책브리핑 2020

나아가, 제 7차 산업기술혁신계획에 따르면 4차 산업혁명에 적합한 전략적 표준화를 추진하고자 자율전기차, 에너지(수소), 지능형로봇, 스마트제조, 바이오헬스, 드론, 스마트시티, 시스템반도체, 디스플레이, 스마트팜 등 10대 표준화 분야를 선정하고 이에 대한 시스템표준, 데이터표준, 서비스표준, 안전·신뢰표준, 상호운용성표준을 개발하고 실증을 추진할 계획에 있다. 또한 중소·중견기업의 국제시장 진출을 적극 도모하기 위해, 국제표준화 역량 강화 및 표준화 활동을 지원하고 전문인력 양성을 추진하고자 한다.

정부의 투자 방향은 산업기술 R&D의 집중 투자가 필요한 전략투자분야를 도출한 것으로 보인다. 산업혁신 선도 기술개발 체계 및 산업기술 기반 구축, 지원시스템 조성 등을 위주로 이를 바탕으로 민간 기업이 4차 산업혁명 관련 기술 분야에서 활성화될 수 있길 기대하고 있다. 발표된 추진 결과를 살펴보면 빅데이터 산업규모는 17년 4,547억원에서 18년 5,843억원으로 확대되고, 인공지능 전문 기업 수는 16년도 27개에서 18년도에는 43개로 증가한 것으로 나타났다. 한국의 4차 산업혁명 관련 기술 개발 및 활용은 다소 미흡한 전개를 보이고 있다고는 하나, 기업통계나 관련 정책 전략을 살펴보면, 빅데이터 및 클라우드를 중점적으로 전개될 것을 예상해볼 수 있다. 또한, 아직 생산 공정 또는 조직 경영 등의 기업 운영을 위한 활용 보다는 소비자에 제공되는 제품 및 서비스에서의 활용이 두드러지게 나타나고 있는 것으로 보이지만, 향후 본격적인 디지털화가 진행됨에 따라 운영 측면에서의 활용도 적극 이루어질 것으로 예상 가능하다.

3. 4차 산업혁명 기반 혁신기술의 정의 및 주요 기술 범위

다양한 기술에 기반을 둔 4차 산업혁명은 이미 일부 우리 생활에 깊숙이 자리 잡고 있으며, 사회 전반에 걸쳐 상당한 파급효과를 보일 것으로 예상되고 있어, 향후 나타날 변화에 대한 적극적인 대응이 요구된다. 4차 산업혁명이 처음 제시된 이후 지금까지도 4차 산업혁명에 대한 많은 논의는 지속되고 있으나, 여전히 공통된 정의에 합의하지 못하고 있다. 정계에서는 4차 산업혁명에 대한 언급이 지속되고 있으나, 산업계 혹은 학계에서의 논의는 한풀 꺾인 것으로 보인다. 그렇지만, 4차 산업혁명에 대한 관심이 없다고 판단하기는 어려우며, 관련 기술 개발 및 활용은 지속적으로 확대되고 있다. 4차 산업혁명에 대한 용어 사용에 대한 합의가 이루어지지 않은 것이지, 관련 기술의 개발 및 활용이 없는 것이 아니다.

4차 산업혁명 정의가 그렇듯, 관련 기술로 언급되는 기술도 일치된 견해를 제시하지는 않는다. 기술 자체를 언급하는 경우도 있고, 넓은 범위에서 시스템체제와 같이 가치사슬 전체를 아우르는 기술 개념으로 제시하기도 한다. 이는 개별 기술이 단독으로 활용되기도 하지만, 기술 간의 연계를 통해 광범위하게도 활용되거나, 기술이 적용되는 분야를 기술로 언급하기 때문이라고 할 수 있다.

〈표 II-6〉 4차 산업혁명 요소기술 수준의 정의

구분	5대 핵심기술	주변기술	적용분야기술
특징	5대 기술이 상호 연결 - 광범위하게 활용 ⇒ 범용기술의 역할	- 적용범위가 한정 - 기술적 가능성 불확실	- Driver가 아니고 Destination - 해당 분야 밖에서 적용되기 어려움
내용	- IoT - 클라우드 컴퓨팅 - 빅데이터 분석 - 인공지능 - 로봇	- 가상·증강현실 - 드론 - 블록체인 3D 프린팅 - 나노·신소재	- 유전자 분석 - 유전자 편집 - 줄기세포, 재생의료 - 신경과학 - 신재생에너지

자료: 김석관 외 2017

기술수준에 대한 혼선은 있으나, 주요 연구에서 공통적으로 4차 산업혁명 기술로 언급되는 대표적인 기술들로는 IoT, 빅데이터, 클라우드, 가상·증강현실, 인공지능 등이 있다¹²⁾.

12) 4차 산업혁명이 아니더라도 최신 기술 동향에 대한 연구에서도 유사한 기술들이 언급되고 있으며, Top 10 Emerging Technologies(WEF), Digital Transformation Scoreboard(EC) 등에서도 인공지능, 3D프린팅, 자율주행, 빅데이터, 로봇, IoT, 클라우드 등 유사한 기술에 대해 언급한 바 있음

또한 한국에서는 4차 산업혁명으로 언급되고 있는 주요 기술 중 클라우드와 빅데이터, 인공지능을 중심으로 발전해 나아가고자 전략적으로 추진해가고 있으며, 실제 기업들의 주요 활용 기술도 클라우드와 빅데이터인 것으로 나타났다.

〈표 II-7〉 문헌에서 언급된 4차 산업혁명 기술

출처	4차 산업혁명 기술		
Schwab(2016)	- 인공지능 - 로보틱스 - IoT - 자율주행차	3D 프린팅 - 나노기술 - 바이오기술 - 재료과학	- 에너지저장 - 양자컴퓨팅 등
Cordes & Stacey(2017)	- 로보틱스 - 산업인터넷 - 시뮬레이션	- 클라우드/사이버 보안 - 적층 제조	- 증강현실 - 빅데이터 분석 - 수평/수직 통합
UNCTAD(2019)	- 블록체인 3D 프린팅 - IoT	5G - 클라우드 컴퓨팅 - 자동화/로보틱	인공지능
Asghar et al(2020)	- CPS - 클라우드 컴퓨팅 - 로보틱	- IoT - 빅데이터 - 증강현실	3D 프린팅 - 사이버보안 - 수직·수평통합
관계부처 합동(2016)	- 인공지능 - 사물인터넷	- 모바일 - 클라우드	빅데이터
정보통신기술진흥센터(2016)	- 인공지능 - 빅데이터	- CPS - IoT	
임베디드소프트웨어 시스템산업협회(2017)	- IoT - 클라우드	- 빅데이터 - 인공지능	
KAIST 문술미래전략대학원 KCERN(2017)	- 인공지능 - 클라우드 - 빅데이터 - 웨어러블 - SNS	- LBS - IoT - CPS디자인 3D 프린터/로봇 - 게임화	- 플랫폼 - 증강·가상현실 - 블록체인·핀테크
통계청(2018)	- IoT - 클라우드 - 빅데이터	- 모바일5G - 인공지능 - 블록체인	3D프린팅 - 로봇공학 - 가상·증강 현실
김석관 외(2017)	- IoT - 클라우드 컴퓨팅	- 빅데이터 분석 - 인공지능	로봇
이재원(2016)	- 인공지능 - 빅데이터	- 로봇공학 - IoT	3D 프린팅
김치현(2019)	- 새로운 컴퓨팅 기술 - IoT - 블록체인 - 인공지능, 로봇	- 첨단소재 - 적층제조 - 생명기술 - 뇌신경기술 - 가상·증강 현실	- 에너지 포집·저장·전송 기술 - 지구공학 - 우주기술

한편, 사회적 유연성이 상대적으로 낮은 개발도상국에서는 이에 대한 더욱 넓은 범위의 대응이 요구될 것이다. 4차 산업혁명이 특정 기술을 바탕으로 발전한 개념이 아닌 다양한 기술 간의 융합을 통한 온라인과 오프라인의 통합이라면, 4차 산업혁명이 가능할 수 있도록 해주는 다양한 기술(4IR enabling technology)에 대한 수요 및 선진국에서의 4차 산업혁명 혁신기술 활용과의 갭도 함께 고민되어야 한다. 기술에 대한 범위 자체는 다소 모호하지만, 일반적으로 통용되는 4차 산업혁명 기반 기술은 개도국의 생산성 향상, 경제적 포용성 확대, 부패방지, 중소기업 권한 강화, 전통적인 산업 발전 단계를 뛰어넘는 도약, 연결성 강화, 교통, 환경, 농업, 물류, 보건, 재해방지 개선 등의 긍정적인 역할을 할 것으로 예상되며, 동시에 노동시장 교란, 불평등 심화, 저임금 경쟁력 약화, 다국적 대기업의 시장점유, 사이버 공격에 대한 취약성 등의 도전과제도 안고 있다. 4차 산업혁명은 특정 기술 개발 및 활용만으로 대응할 수 있는 것은 아니며, 기술 간의 융합을 바탕으로 산업혁신과 사회통합이 병행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 4차 산업혁명이라는 주제와 함께 언급되고 있는 혁신기술을 4차 산업혁명 혁신기술(4IR 혁신기술 또는 4IR 기반 혁신기술)이라 칭하고, IoT, 빅데이터, 클라우드, 모바일, 인공지능을 중심으로 하되, 개도국의 상대적으로 부족한 기술을 고려하여 주변기술까지 포함해 개발협력 사업에의 적용 가능성 및 활용도를 살펴보고자 한다.

Ⅲ. 개발협력 사업에 적용 가능한 혁신 기술 및 도입 현황

1. 개발협력에서 4차 산업혁명 이슈 및 논의 현황

4차 산업혁명 기술에 의한 파급효과와 그 확산 속도는 혁명적이라고 평가받고 있으며, 시간과 공간의 개념을 파괴하는 현상 때문에 4차 산업혁명에 국경은 존재하지 않는다고도 한다. 다만, 이러한 변화는 기술의 유무에 따른 격차를 더욱 깊어지게 만들 가능성을 배제하기 어렵다. 여기에 기존의 경제적 격차까지 고려한다면, 개발도상국에서 기술에 대한 논의는 매우 복합적인 시각이 필요한 문제이다.

개발협력 사업은 개발도상국의 발전에 기여하기 위한 활동이며, 그 편익을 통해 사회 전반의 평등성을 향상시키는데 그 목적이 있다. 그 중 하나로, 국가 간 정보격차에 대한 논의를 시작으로 많은 기술협력 사업이 이루어져왔고, 오늘날 그 기술의 초점은 4차 산업혁명에 닿아 있다. 4IR 혁신기술은 ICT에 기반을 두고 있으나, 그 범주는 매우 넓다. 즉, 모든 사업에서 4IR 혁신기술의 활용이 가능하며, 타 공여기관의 사업들에서도 사업 수행 및 기술 이전 측면에서 4IR 기술의 활용은 점진적으로 증가하고 있는 추세이다. 또한 관련 전략문서¹³⁾ 등을 발표하며, 향후 4IR 시대 및 디지털 전환을 대비하고 기술 도입을 빠르게 확산해가고 있는 것으로 나타난다. 개발협력에서 뿐만 아니라 전 세계적으로 4IR 혁신기술을 통한 다분야 사업 효과성 제고는 자연스러운 현상이 되었고, SDGs 169개 세부목표 중 약 70%정도는 4IR 혁신기술로 직접 지원 가능한 것으로 보고된 바 있다(World Economic Forum 2020). 다만, 지역별·분야별 기술 수준 및 활용목적이 다르기에, 일괄적인 방식의 기술 도입 및 접목은 한계가 있을 수밖에 없다.

개발협력에서 4차 산업혁명은 접근방법에서부터 차별화가 필요하다. 개발도상국의 환경은 선진국의 기술 환경과는 다르다. 또한 기존의 산업혁명을 거치며 습득한 기술을 바탕으로 4차 산업혁명 시대를 내다보고 있는 선진국과는 달리, 개발도상국의 기술은 여러 단계가 혼재하고 있다. 이러한 차이를 고려하지 않고 단순히 선진국의 개발도상국으로의 기술 이전이라고만

13) 미국 국제개발처(United States Agency for International Development, USAID), 영국 국제개발부(Department For International Development, DFID), 독일 연방경제협력개발부(Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, BMZ) 등 개발협력기관의 4차 산업 관련 전략 문서 발간

한다면 결과적으로 또 다른 격차를 만들어 냈으로 사회적 불평등을 야기할 것이다. 개발협력 분야에서는 국가 간 기술정보 격차를 축소시킴으로 개발도상국의 경제발전을 전인하고자 ICT4D라는 패러다임 하에 다양한 기술정보 사업들이 이루어졌다. 그리고 현재는 4차 산업혁명 변화에 맞추어 디지털 개발(Digital Development) 패러다임으로 ICT를 단순히 도구가 아닌 플랫폼이라는 개념으로 접근하고자 하며, 동시에 데이터의 중요성도 함께 강조되고 있다. 한편, 개발협력 사업에만 한정된 ICT가 별도로 있는 것은 아니지만, 개발도상국의 기술 환경 인프라를 감안한다면, 개발협력 분야에서는 제한된 범위의 ICT를 논하게 될 수밖에 없다. 그리고 이를 활용한 개발협력 사업은 지역별 혹은 국가단위지원에서 IT 사용환경 수준, 인적자원 고도화 수준, 기술발전 정도, 수용 열정, 시장규모 등에 따라 차별화된 접근이 요구된다.

국가별 또는 지역별 ICT 환경 혹은 정보기술 활용 환경은 다양한 지수들을 통해 살펴볼 수 있다. World Economic Forum(WEF)에서는 글로벌 경쟁력 지수(Global Competitive Index: GCI), 글로벌정보기술지수(Global Information Technology Index) 혹은 네트워크 준비지수(Network Readiness Index)를 발표하고 있다. 또한 민간기업인 CISCO에서도 디지털준비지수(Digital Readiness Index)를 발표하고 있다. 그리고 UN은 공공분야의 디지털화 수준을 전자정부발전지수(UN e-government development index, EGDI)를 통해 제시하고 있다. 이러한 지수들은 전반적으로 소득수준이 높은 국가들에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 즉, 소득수준이 낮은 개발도상국에서 4차 산업혁명 또는 디지털화의 속도는 소득수준이 높은 선진국에 비해 상대적으로 느리게 나타나고 있다는 것을 뜻한다.

2019년 WEF GCI는 전반적으로 상승세가 둔화된 것으로 나타났다. 가장 높은 경쟁력 지수를 보인 국가는 싱가포르이며, 한국은 전년대비 2단계 상승한 13위에 자리하였다. 전체적으로 살펴보면, 북미 및 유럽 국가들이 선두를 차지하고 있으며, 중남미 및 아프리카가 하위 그룹에 속한다. 우리나라의 협력국으로 주요 ODA사업을 펼치고 있는 국가들을 살펴보면, 인도네시아가 50위로 가장 높게 나타났으며, 나머지 국가들은 57위부터 139위까지 중하위권에 넓게 포진해있다. GCI는 환경(enabling environment), 인적자원(human capital), 시장(markets), 혁신생태계(innovation ecosystem) 등 총 4개의 기동요인으로 구성되어 있다. 이중 ICT 보급(ICT adoption; 환경 부문 지표)과 혁신역량(innovation capability; 혁신생태계 부문 지표)은 협력국의 4차 산업혁명 수준과 기술적응능력을 간접적으로 파악해볼 수 있을 것으로 사료된다. 또한 교육과 기술(skills; 인적자원 부문 지표)을 통해 기술을 배우고 다룰 수 있는

가능성을 가늠해볼 수 있을 것이다. 언급된 3가지 지표에 대해 지역별 분야별 평균 점수를 살펴보면 다음과 같이 나타난다.

〈표 Ⅲ-1〉 GCI 지역별 분야별 평균 점수

구분	동아시아 태평양	유라시아	유럽과 북미	중남미	중동 및 북아프리카	남아시아	사하라이 남아프리카
ICT 보급	70.3	59.5	70.4	50.9	57.6	35.1	34.3
혁신역량	54.0	35.5	58.1	34.3	41.3	36.3	29.4
교육과 기술	67.3	66.1	74.6	58.7	62.9	50.1	44.3

자료: World Economic Forum 2019b

대체적으로 동아시아 태평양, 유럽과 북미에 비해 유라시아, 중남미, 중동 및 북아프리카, 남아시아, 사하라이남 아프리카 지역의 점수 차이를 쉽게 확인할 수 있다. 보고서에 의하면, 사하라이남 아프리카 지역의 ICT보급은 전년대비 15.8%, 중남미 지역은 9.8% 상승하였으며, 타 지역의 상승률에 비해 월등히 높게 나타났다. 혁신역량 측면에서는 중동 및 북아프리카 지역이 4.3%, 사하라이남 아프리카 지역이 3.6% 상승하였다. 교육과 기술에서는 중남미 (2.2%)와 사하라이남 아프리카(2.1%)만 2%대의 상승세를 보이고 나머지 지역에서는 0.5~1.1%의 소폭 상승만 관찰되었다. 단순히 3가지 지표만으로 해당 지역을 평가할 수는 없겠지만, 동아시아 태평양, 유럽과 북미 지역에 비하면 점수는 낮지만, 사하라이남 아프리카, 중남미, 중동 및 북아프리카 지역이 상대적으로 빠른 상승세를 보이고 있어, 간접적으로나마 개발도상국에서의 4차 산업혁명 수준과 기술적응능력이 개선되어가고 있다고 할 수 있다.

글로벌정보기술지수 혹은 네트워크준비지수는 국가별 ICT 활용 능력을 측정한다. ICT기술의 효과성을 창출하기 위한 전제 조건으로써 관련 규제 및 비즈니스 환경, ICT 경제성, 기술 및 인프라 구조 등을 분석하고, 실제 활용되어 사회에 영향을 미치는 과정이 상호작용하는지를 판단하여 보다 명확한 정책 지침을 제공하고자 하는 목적으로, 총 4개의 카테고리에 10개의 기동요인 및 53개의 지표로 구성되어 있다. 2019년 결과는 GCI의 결과와 유사한 형태를 보이는데, 2016년 상위권을 차지한 주요 고소득 국가들이 지속적으로 상위권을 차지하고 있으며, 이는 결국 소득 수준이 높은 국가들이 미래 기술 및 관련 인프라에 지속적인 투자를 하고 있기 때문으로 나타났다. 121개국 대상으로 조사한 결과 스웨덴, 싱가포르, 네덜란드 노르웨이, 스위스 등이 상위권을 차지하였다. 지역별로는 아프리카에서는 모리서스, 남아프리카 공화국 르완다, 중앙아시아에서는 러시아, 카자흐스탄, 벨라루스가 상위권을 차지하고 있으나, 전체 순위에서는 중하위권에 해당된다. 지역 간의 차이는 정보기술의

차이로 일부 설명이 가능한데, 아시아 및 태평양, 북미 유럽 지역은 ICT 영향 측면에서 비교적 좋은 성과를 보이고 있는 반면, 아프리카 등 지역에서는 기술과 인프라가 미흡하여 네트워크 준비에 대한 가장 첫 번째 장애물로 남아 있는 것으로 나타났다(Portulans Institute 2019).

〈그림 Ⅲ-1〉 2019년 네트워크준비지수

Africa	Arab States	Asia & Pacific
1. Mauritius (53)	1. United Arab Emirates (29)	1. Singapore (2)
2. South Africa (72)	2. Qatar (33)	2. Japan (12)
3. Rwanda (89)	3. Bahrain (40)	3. Australia (13)
CIS	Europe	The Americas
1. Russian Federation (48)	1. Sweden (1)	1. United States (8)
2. Kazakhstan (60)	2. Netherlands (3)	2. Canada (14)
3. Belarus (61)	3. Norway (4)	3. Chile (42)

Note: Global ranks in parentheses. CIS = Commonwealth of Independent States.

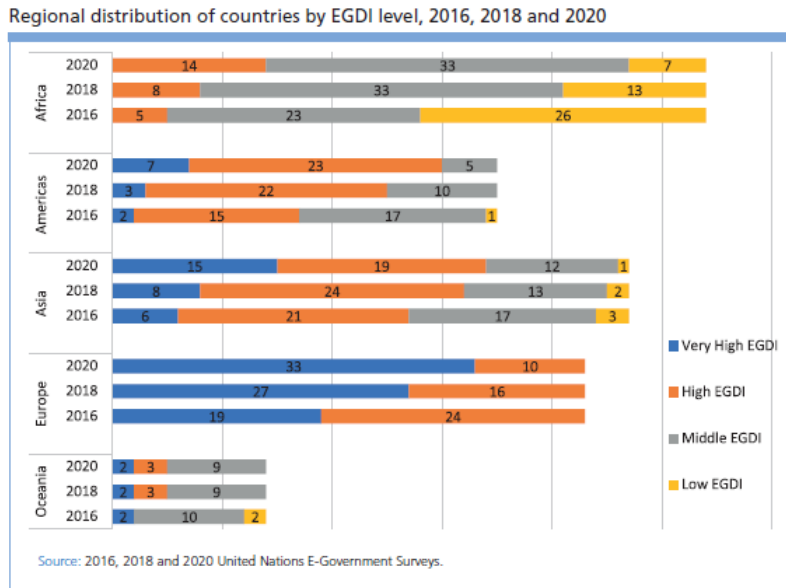
자료: Portulans Institute 2019

민간기업인 CISCO의 디지털준비지수(2019)도 유사한 결과를 제시하고 있다. 총140개국을 대상으로 기본수요, 민간 및 공공 투자, 기업 환경, 인적자본, 스타트업 환경, 기술 수용, 기술 인프라 등 7가지 요소를 바탕으로 분석하여 4가지 단계로 구분하였다. 그 결과 싱가포르가 가장 앞선 것으로 나타났으며, 대부분의 최빈국 및 중저소득국의 경우 가장 낮은 단계에 속한 것으로 조사되었다.

UN의 전자정부발전지수(2020)는 공공분야의 디지털화 정도를 온라인 서비스 지수, 정보통신 인프라 지수, 인적자본 지수를 통해 종합적으로 살펴봄으로써 국가별 보편적인 정보기술 수준을 확인할 수 있다. 앞서 본 지수들과는 다소 성격이 다르지만, 결과는 유사하다. 지역별로는 유럽이 높게 나타나며, LDCs LLDCs 및 SIDS¹⁴⁾는 최근 빠른 증가세를 보임에도 불구하고 여전히 국제 평균보다 낮게 나타났다. 국가별로는 경제 선진국들을 중심으로 높은 점수를 보인다. 눈여겨 볼만한 것은 LDCs 및 LLDCs 중 개발협력국을 중심으로 캄보디아, 미얀마, 카자흐스탄, 몽골 등에서 정보통신 인프라 지수가 그룹 내 평균보다는 높게 나타나는데, 이는 향후 디지털화 확산세가 동일 그룹 내 타 국가들에 비해 빠를 것으로 예상 가능하다.

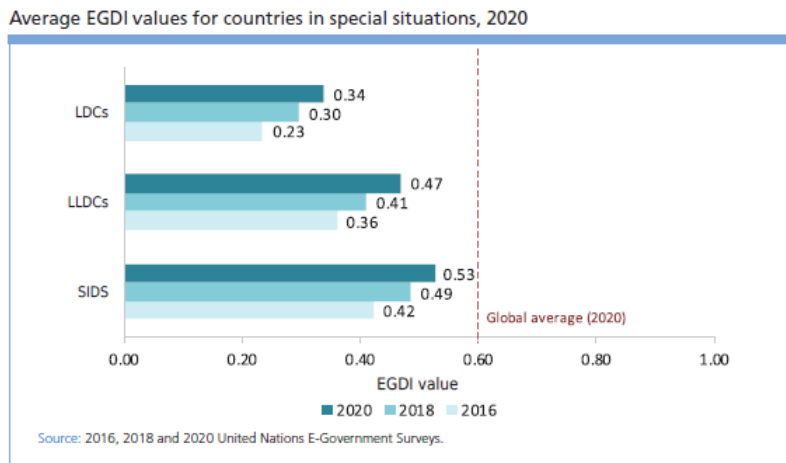
14) 각각 최빈개도국(Least Developed Countries, LDCs), 내륙개도국(Land Locked Developed Countries, LLDCs), 소규모 섬 개도국(Small Island Developing States, SIDS)을 뜻함

〈그림 Ⅲ-2〉 지역별 전자정부발전지수(2016, 2018, 2020)



자료: UN Department of Economic and Social Affairs 2020

〈그림 Ⅲ-3〉 2020 개도국 특성별 평균 전자정부발전지수



자료: UN Department of Economic and Social Affairs 2020

디지털화에 따른 효과 확산을 위해서는 지역 중심의 협력이 요구된다. 이에 각 지역에서는 지역별 이니셔티브를 통해 다양한 이슈를 공동으로 대응하며 국가 및 지역 수준에서 조정되고 통합된 접근을 모색하고 있다. 이들 이니셔티브는 크게 4가지로, ① 연결성 및 상호 운용성,

② 열린 거버넌스, ③ 디지털 신분증명, 디지털 경제 및 디지털 무역, ④ 법규 규제 등의 체계로 구분될 수 있다.

- 아프리카 : Smart Africa(2013; 30여개 아프리카 국가들 간의 ICT 인프라 및 서비스 개선), Policy and Regulation Initiative for Digital Africa(PRIDA, 2018-2022; 아프리카 연합, 유럽 연합 및 ITU의 무선 인터넷 확장을 위한 규제 및 체계 구축)
- 아시아-태평양 : Digital Bangladesh(2009), Digital India(2015), Digital Malaysia(2012), Digital Kazakhstan(2018-2022) 등 국별 전략, Asia-Pacific Information Superhighway(AP-IS, 2019; UNESCAP 및 ITU의 역내 원활한 연결성 향상), Digital Silk Road(2018-2020; 일대일로의 주요 구성요소로 16개국과의 협력을 통해 인터넷 연결성 향상 외에도 스마트시티 및 빅데이터/클라우드 컴퓨팅까지 확대 중이며, AP-IS와도 협력)
- 유럽 : Digital4Development(D4D, 2017; 유럽 및 협력국에 대해 인터넷 보안 강화 및 관련 정책·규제 마련, 디지털 문해력 및 역량 강화 등)
- 중남미 : Network of e-government Leaders of Latin America and the Caribbean(Red GEALC, 2003; 역내 국가 간 수평적 협력 및 전문 지식 교환)

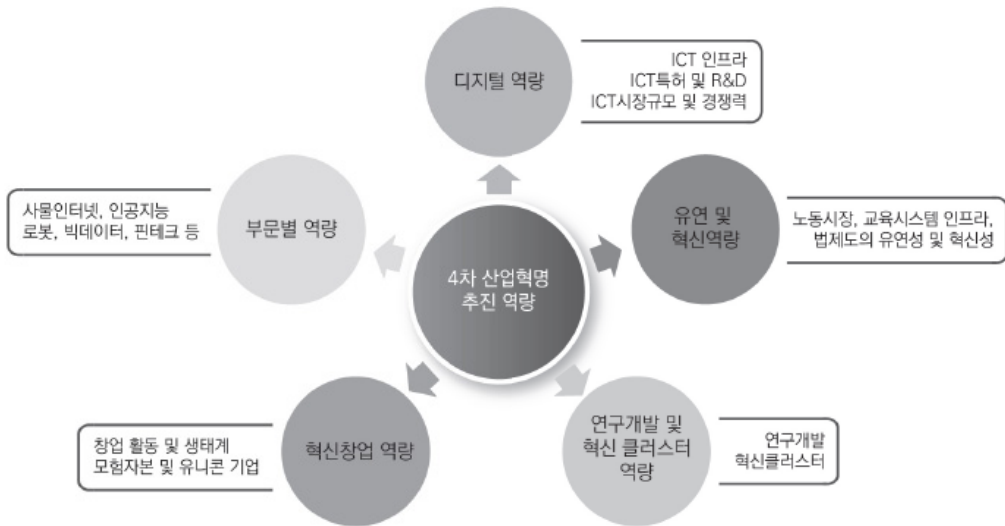
아시아 태평양 지역은 역내 격차가 상당한 수준으로 타 지역에 비해 다소 제한적인 것으로 보이는 반면, 유럽은 아프리카를 중심으로 협력국과의 통합적인 접근을 모색하고 있는 것으로 보이는 바, 향후 한국의 아시아 지역 내 협력국과의 다양한 활동 가능성에 대한 시사점을 제시한다.

또한 디지털화 또는 4차 산업혁명 기술의 활용은 그 효과를 확대하기 위해서는 규모의 확대도 함께 이루어져야 한다. 결과적으로 국가 및 지역을 넘어서는 기술 표준화 및 데이터 네트워크가 전제되어야 한다. 따라서 기술개발 가능성 및 국가의 의지도 중요하게 작용한다. 경제적인 상황 및 앞서 언급한 지수의 차이 등을 종합하여 보면 기술, 역량, 인프라, 제도 등 모든 부분에서 차이가 있음을 알 수 있다. 그리고 이러한 차이를 지속할 경우 격차는 더욱 벌어질 수밖에 없을 것이다. 동일한 기술의 동일한 활용도 불가능할 수 있기에, 국가 및 지역에 적용 가능한 혁신기술과 그 활용 방법을 모색해야 한다.

한편, 개발협력사업 효과성 제고 차원에서 4차 산업혁명 기술 활용에 있어 해결되어야 하는 부분으로 인프라 환경에 대한 논의가 주를 이룬다. 하지만, 인프라 구축 외에도 다양한 역량이

요구되고 있다. 아래의 그림과 같이 4차 산업혁명 추진을 위해서는 디지털 역량, 부문별 역량, 유연 및 혁신역량, 혁신창업 역량, 연구개발 및 혁신 클러스터 역량으로 나누어 볼 수 있으며, 국가 또는 지역별로 각 역량에 대한 차이도 존재할 것이다. 우리나라의 경우를 예로 살펴본다면, ICT 인프라는 우수하지만, 노동시장, 법제도 유연성 및 혁신창업 역량에서는 상대적으로 역량이 낮은 것으로 조사되었다(조충제 외 2017).

〈그림 Ⅲ-4〉 4차 산업혁명 추진역량분야



자료: 조충제 외 2017

역량의 차이로 인해 4차 산업혁명 기술의 활용 및 발전 양상도 다르게 나타날 것이다. 또한 어느 한 역량만이 우수하다고 해서 4차 산업혁명을 추진할 수 있는 것도 아닐 것이다. 특정 부분에서 역량이 특별히 우수하게 나타날 수 있겠으나, 결과적으로 모든 역량 측면에서 골고루 갖추어졌을 때 4차 산업혁명이 원활하게 추진되는 선순환 과정이 만들어질 것이다. 따라서 개발협력 관점에서도 협력국의 4차 산업혁명 기술 수준 격차 감소에만 집중을 하기보다는, 넓은 분야 내 4차 산업혁명 기술의 활용을 살펴볼 필요가 있다. 4차 산업혁명 기술은 전 세계 포괄적이지만, 실제 활용은 지역적인 특성이 있다. 4차 산업혁명 혁신기술의 활용도 결과적으로 마찬가지로 다를 것이다. 우리의 활용과 그들의 활용은 다르게 나타날 것이며, 이에 적합한 필요 역량도 다르게 나타날 것이다. 실제 수요를 파악하고 지속적으로 관리해 나가기 위한 필요성이 더욱 증대되는 이유이기도 하다.

2. 개발협력 사업 분야별 적용 가능한 혁신 기술

개발협력 사업에 활용될 수 있는 혁신 기술들은 앞서 언급한 4차 산업혁명 기술인 빅데이터, IoT, 인공지능 외에 3D 프린터, 바이오기술, 의료기술, 신소재 및 나노기술, 재생에너지 기술, 인공위성과 드론 그리고 블록체인까지도 포함할 수 있다. KOICA에서 개발협력 사업 분야는 대체적으로 교육, 보건의료, 공공행정, 농림수산, 기술환경에너지 등으로 나누어 볼 수 있고, 정부 시행계획에 따르면, 교육, 보건, 공공행정, 농촌개발, 물, 교통, 에너지, 산업, 환경보호, 통신 등으로 나뉜다. 본 연구에서는 기후변화, 식수 및 위생관리, 농업, 보건, 무역, 교통, 건설, 에너지 등으로 나누어 분야 별 해당 기술들이 어떻게 활용될 수 있을지 이어서 살펴보도록 하겠다.

1) 기후변화

국제사회는 지금까지 기후변화 대응 및 적응을 위한 다양한 정책을 개발하고 도입해왔다. 그 결과 파리기후협정이 2015년 제21차 당사국 총회에서 채택되었고 국가별 탄소 저감 목표치도 설정되어 올해부터 이 신기후체제에 모든 국가가 참여하고 있다. 또한 기후변화 대응 관련 기술도 발전하여 온실가스의 주범인 탄소배출의 걱정이 없는 풍력, 태양광 등의 재생에너지 기술이 성숙하여 상업적으로도 경쟁력을 갖춘, 늘어나는 발전원이 되어 가고 있다. 그러나 이러한 정책 도입과 기술의 진보에도 불구하고 국제사회는 탄소저감 목표치를 달성하기엔 역부족인 상황이다. 4IR 기술은 먼저 에너지의 손실을 줄이고 불필요한 소비를 차단함으로써 탄소 배출을 낮추는데 기여한다. 자율주행과 빅데이터 및 클라우드, 인공지능, IoT를 통한 현 에너지원의 효율적인 관리가 그 예이다. 또한 신소재 및 합성생물을 사용하여 재생에너지를 저장하고 효율을 개선하며, 플라스틱이나 화석연료의 사용을 대체하여 환경을 보호하고 기후변화에 효과적으로 대응할 수 있다. 아래 표 Ⅲ-2는 기후변화 대응 및 적응에 활용될 수 있는 4IR 기술의 구체적 사례를 제시한다.

〈표 Ⅲ-2〉 기후변화 대응 및 적용에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
신소재 (Advanced materials)	• 페로브스카이트(태양 전지)코팅: 태양 전지 효율 2배 향상 • 그래핀 응용: 태양 전지, 운송 등 여러 부문에서 사용가능한 에너지 효율적이며 가벼운 소재 • 효율 콘크리트: 생산 시 자재 감소, 경화 시 이산화탄소 흡수 • 디자이너 탄소: 나노 기술에서 영감을 받은 소재로 탄소 포집 격리, 에너지 저장 장치, 태양 에너지를 더 강력하고 효율적이게 만들 • 태양열 스프레이: 차량 및 건물 지붕에 태양 전지 기능 제공 • 고급 배터리 제조: 에너지 저장 및 재생 에너지 잠재력 개선 • 열 감소 물질: 태양으로부터의 열 흡수 감소를 통해 에어컨 사용을 감소시키는 페인트 코팅 • 차세대 세라믹: 핵분열 및 핵융합 응용을 위한 고급 세라믹 • 초 절연 및 음향 재료: 건물 효율성 향상 • 고급 탄소 섬유 복합재: 초경량 및 초강력 재료 제공 • 연료 전지의 나노 기술: 나노 기술을 사용하여 연료 전지 성능과 내구성 향상
빅데이터를 포함한 클라우드 기술	• 토지 사용 탐지 및 모니터링: 산림 벌채 추적 및 확인 • 재생 가능 에너지 P2P 플랫폼: 개인의 가정용 재생가능 에너지 공급과 수요 최적화 및 거래 • 가상 에너지 저장 네트워크: 사용자가 초과 재생 에너지를 그리드에서 매매 가능 • 클라우드 컴퓨팅 주택 난방: 클라우드 데이터 처리에서 발생하는 폐열을 이용한 가정용 히터/서버 • 클라우드 기반 전자제품 제어: 클라우드 기반 플랫폼을 사용한 전자제품 사용 관리 • 생태계 유전자 코드 은행: 유전자 코드 기록을 통한 생태계 보호 및 확인 • 차량-인프라 통신: 클라우드를 사용한 트래픽 흐름의 효율적 관리 • 빌딩 정보 모델링: 단일 실시간 협업 클라우드 기반 디자인 모드 사용 • 디지털 기획 프로세스: 대규모 데이터 세트를 사용하여 참여적 기획 프로세스 구현 • 날씨 예측 농업: 클라우드 및 빅데이터를 사용한 관개 장치 관리
자율주행	• 주문형 이동성 서비스: 자동차 공유를 포함 차량 네트워크의 효율성 및 활용의 극대화 • 오픈 소스 운전자 지원 프로그램: 자율주행 차량의 기능과 에너지 효율성을 향상시키는 소프트웨어 • 앱 기반 자율 차량 네트워크: 클라우드 및 앱을 사용한 자율 차량 네트워크의 최적화 • 산업의 자율주행 차량: 제조 및 생산 공정을 능률화하기 위한 자율주행 산업 차량 • 재생 가능 에너지 유지 보수를 위한 드론: 해당 설비가 더 오랜 시간 동안 작동되도록 함 • 고해상도 실시간 항공 데이터 솔루션을 위한 드론: 토지 사용, 운송, 오염 등의 보다 효율적인 관리
합성생물 (Synthetic biology)	• 바이오 플라스틱: 소량의 에너지를 사용한 바이오 매스로 만든 플라스틱 대체제 • 줄기 세포 배양: 육류를 포함한 합성 단백질 생산을 위해 동물 대신 생명 공학 이용 • 식물의 게놈 편집: 가뭄을 포함한 기후 변화에 대한 내성 및 작물의 생산성 확대 • 유전자 변형 해조류의 합성 바이오 연료: 식물 기반 대안으로 화석 연료를 대체 • 농업 폐기물을 게놈 활성제로 전환: 효율을 높이고 제품 제조를 위한 원료 사용 절감 • 탄소 포집 및 활용: 합성 생물학을 사용하여 이산화탄소를 유용한 공급 원료 또는 제품으로 변환
VR · AR	• 가상 회의: 해외출장 감소 • 공급망 모니터링: 가상 공장 방문으로 효율성 향상 및 해외출장 감소 • 가상 학습 경험: 소비자 행동을 바꾸는 몰입형 환경 학습 경험 • 가상 쇼핑: 도시 교통량과 혼잡을 줄이는 쇼핑 기능

4IR 기술	적 용
인공지능	• 인공지능 최적화 에너지 시스템 모델링 및 예측: 예측 불가능성을 줄이고 재생 가능 에너지의 효율, 전력 균형, 사용 및 저장 확대 • 태양의 신경 네트워크: 태양광 에너지의 주파수, 신뢰성 및 경제성 향상 • 기계 자동화 토지 사용 변경 모니터링: 삼림 벌채 감지 및 모니터링 • 청각 신호 반응형 조명 및 난방: 필요할 때만 조명 및 난방 활용 • 지속가능한 건물 설계: 건물 설계 시 에너지 및 제품 효율성 극대화
로봇	• 오염 및 배출 방지: 유해한 온실 가스 배출 모니터링 및 방지 • 제조 공정 최적화: 에너지 소비를 줄이는 정밀 제조 • 정밀한 강도: 더 효율적인 기능의 로봇 • 제품 낭비 제거: 보다 효율적인 원료 사용
블록체인	• 재생가능화폐: 국가 간 태양광 거래를 위한 글로벌 통화 • 배출량 거래 플랫폼: ETS(Emissions Trading Systems) 및 항우 공공 및 기업을 위한 무료 실시간 거래 • 마이크로 그리드: 재생 에너지 보급 확대를 위한 블록체인 기반 시장 • 가상 발전소: 에너지 생성 자원의 가상 연결 및 최적화 • 공급망 모니터링, 제품 추적, 원산지 추적: 제품 원산지 및 지속 가능한 소싱 확인 • 재무 제공: 산림 채권을 포함한 자본에 대한 블록체인 기반의 저렴한 액세스 및 성과 지불
3D 프린터	• 태양전지: 낭비가 적은 태양 전지의 효율적이고 저렴한 생산 • 태양광 스프레이: 태양광 사용을 건물 및 차량 표면으로 확장하기 위한 얇은 태양광 스프레이 • 3D 인쇄된 자동차: 자동차의 3D 인쇄 프로세스를 더 가볍고 효율적이게 간소화함 • 3D 인쇄된 건물: 단순화된 건물, 원자재 사용 및 폐기물 감소, 에너지 효율 향상 • 현지 생산으로 운송절감: 글로벌 디자인의 현지 생산으로 최종 제품 운송절감 • 최적화 된 제품 설계: 필요한 원자재만 사용하는 적층가공으로 폐기물 감소 • 지능형 포장: 음식물 쓰레기 감소
IoT	• 스마트 홈 시스템 난방, 온수 및 조명: 에어컨, 온수 시스템 및 조명을 포함한 중앙 난방 및 기구를 보다 효율적으로 관리하는 미터 및 센서 • 산업 라이프 사이클 추적: 산업 기계의 유지 보수, 에너지 효율성, 재활용 및 재제조의 최적화 • 지능형 그리드: 블록체인 기술이 통합된 센서 기반 그리드 관리 • 제품 웹 아이덴티티: 기업의 제품 공급망 추적 가능, 폐기물 및 에너지 사용량 절감 • 피어 투 피어 에너지 네트워크: 센서를 사용한 클라우드를 통해 지역 재생 가능 에너지 시장 촉진 • 운송 및 주차를 포함한 스마트 도시 이동성 시스템: 센서 기반 실시간 교통 흐름 관리 • 스마트 도시 에너지, 물, 폐기물 시스템: 센서를 사용한 도시 자원 사용 및 폐기물 수집 관리개선 • 오프그리드를 위한 PAY-G 에너지 서비스: IoT 센서와 모바일 머니시스템을 통한 오프그리드로의 접근 가능 • 유전자 코드 बैं크: 센서 및 태깅 기술을 사용한 유전자 코드 기록 및 금융 거래 가능

자료: PwC 2017b, 12-14

2) 식수 및 위생 관리

깨끗한 식수와 위생시설의 부재는 삶의 모든 영역에 영향을 끼치는 인간 존엄과 가치와 연결된 문제라고 할 수 있다. SDGs 6번 목표가 모든 사람들의 식수와 위생시설에 대한 접근성과 관리능력 확보로 설정된 이유이기도 하다. 그러나 전 세계 인구의 36%는 여전히 식수가 부족한 지역에 거주하고 있으며 약 20억 인구가 오염된 물을 사용하고 있다.

〈표 Ⅲ-3〉 식수 및 위생관리에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
인공지능	- 가뭄계획: 가뭄 예측 및 가뭄 대비 계획을 위한 시뮬레이션, 가뭄영향평가 - 식수공급: 식수 공급 모니터링 및 관리, 식수 품질 시뮬레이션 및 데이터 알람, 자체 식수 정수, 식수와 폐수 관리 - 집수제어: 유해한 해조류 탐지 및 모니터링, 스트림흐름 예측, 홍수를 고려한 자동화된 인프라 - 적절한 위생: 하천 실시간 모니터링을 위한 드론 및 AI, 저수지의 적절한 위생 상태 확보, 가정용 급수의 실시간 모니터링 및 관리 - 식수효율성: 주민 용수 사용량 모니터링 및 관리, 농업용수 사용 최적화, 수생식물의 예측가능한 유지보수, 식수인프라를 위한 조기경보시스템, 식용가능한 급수시스템 내 지하 누수 감지, 가정의 스마트 미터
IoT & 빅데이터	- 환경 모니터링: 브라질 Alerta Rio 폭우로 인한 산사태 조기경보 시스템, 실시간으로 수집한 데이터를 통합하여 적시 대응을 가능케 함. - 스마트 미터: 세대별 실시간 용수 사용 데이터 수집을 통해 정확한 사용료 청구 및 사용 패턴 분석, 하수 관리를 통해 하천 유역 관리의 최적화 및 지하수 오염도 측정이 가능. GPS 센서를 사용한 수압, 화학 성분, 누수 측정으로 지하 파이프 관리 가능. - 스마트 워터: 스마트 미터의 도입에 따른 물 소비량 10% 감소, 누수로 인한 물 낭비 20% 감소, 평균 수도사용 청구료 \$15 감소, 유지관리비의 감소. - 지하 파이프의 무선 모바일 센서: 배수 시스템의 모니터링 및 관리. 누수 감지 및 해결 가능 - 도시 폐수 관리의 원격 모니터링 솔루션: 하수의 수위 감지를 통해 하수 처리 시설의 막힘, 범람에 대처 가능
블록체인	- 스마트 계약: 농업용수 공급 관련 농업종사자와 용수 공급자 간 투명하고 효율적인 직접 계약 체결 가능 - 도시 온실가스 프로젝트와 수직농업을 위한 강우 집수: 각각의 강우 집수 허브들이 자발적으로 자신들에게 적합한 프로젝트를 선택하고 블록체인을 통해 크라우드 펀딩을 받음으로써 정부의 개입을 최소화한 운영 가능
드론 및 원격 센서	- 플랜트 모델링: 수자원 및 폐수 처리 시설의 정확한 3D 모델화를 통해 관리 및 유지, 수리 및 변경을 용이하게 함 - 오수 관리: 오수처리연결망 및 파이프라인 점검 - 위성 촬영을 통한 원격 감지 데이터: 인공위성의 원격 조망을 통한 지속적인 수질 관리 및 오염원 분석 등 수자원 관리 가능
VR · AR	수자원이 최종소비자에 도달하기까지 수자원 분배 네트워크를 3차원으로 시각화함으로써 수질관리 및 관련 시설의 유기적인 작동의 이해 및 평가가 가능하며, 서비스 품질 제고를 위한 계획을 수립할 수 있음

자료: Stankovic et al 2020

식수 부족으로 약 7억 명의 인구가 2030년까지 주거지를 옮겨야 하며, 사막화로 인하여 2050년까지 10억 인구의 생계가 위협받을 것으로 예측되고 있다(Stankovic et al 2020). 또한 수질오염은 생태계 붕괴 및 돌이킬 수 없는 생물다양성 손실의 원인이 되고 있다. 4IR 기술은 수질 관리 및 수자원 활용을 개선하기 위한 노력에 기여하며 SDGs 6 달성을 앞당길 수 있는 도구로 각광받고 있다. IoT와 빅데이터를 활용한 스마트미터는 누수로 인한 물 낭비를 줄이고 물 사용량을 측정함으로써 효율적인 식수 관리를 가능하게 한다. 또한 드론 및 원격센서, 인공지능은 원격조망 및 파이프라인 점검 등을 통해 유기적이고 지속적으로 수질을 관리하여 깨끗한 물에 대한 접근권을 높인다. 표 Ⅲ-3은 식수 및 위생관리에 활용할 수 있는 4IR 기술을 제시한다.

3) 농업

전 세계의 지속적인 인구 증가에 대응하여, 인류는 모든 사람에게 안전하고 영양가 있는 식량을 제공하기 위해 농업기술을 지속적으로 발전시키고 생산성을 개선해왔다. 그러나 토지와 수자원 환경의 악화와 기후 변화로 인해, 추가적인 생산성 증가를 기대하기엔 인류는 여러 어려움에 직면해 있다. 4IR의 신기술은 이러한 현재의 농업환경의 구조적 약점을 극복하고 보다 생산적이고 경쟁력있고 지속 가능한 결과를 가져올 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

4IR 기술은 농업에서 다양한 방식으로 사용되지만 주로 스마트 농업 또는 정밀 농업의 형태로 활용된다. '스마트팜'은 디지털 기술을 사용하여 농산물의 수량과 품질을 모니터링하고 최적화하는 현대식 농장 관리 개념이다. 오늘날 농민들은 ICT부터 IoT, 로봇 공학 및 드론, 블록체인, 인공지능, 빅데이터, VR·AR까지 다양한 최신 도구 및 데이터에 접근할 수 있다. 이러한 기술을 통해 농민들은 농장 내 변화를 정확하게 측정하고 그 변화에 전략적으로 대응할 수 있다.

〈표 Ⅲ-4〉 농업에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
IoT & 인공지능	• IoT 기반 스마트팜을 통한 원격자동 농작물 재배 • 딥러닝 등 인공지능 기술 탑재로 최적 농산물 재배 • 동물 체내 센서 장착으로 건강·질병 관리 강화 • 자동선별정보, 입·출고 관리, 수·발주, 배송 등 농식품 이력 관리 • 기능성 식품 개발, 안전관리, IoT기반 기술 활용 메뉴판 개발
로봇	• 무인자동화 기술을 활용한 식물공장 • 로봇을 이용한 자동육묘 및 파종 • 모인주행기술을 활용한 노지작물 방제 및 측사 청소 • 탐색기술을 활용한 무인 수확기 • 이미지 탐색 기술을 활용한 생육정보 자동 수집 • 농작업 보조 로봇을 활용한 노동절감 및 작업패턴 분석
드론	• 드론을 이용한 방제 • 원격탐사, 드론·빅데이터 기술을 활용한 산지 작황정보 관측 • 농산물, 산림자원 질병 등 예측 탐지
빅데이터 & 클라우드	• 스마트팜 생육환경 정보를 활용한 최적 재배환경 컨설팅 • 빅데이터 기반의 소비자 농산물 구매 성향 분석 및 직거리 유통 지원 • 질병 방역대 및 차량이동 등의 빅데이터 분석을 활용한 축산질병 발생 예측 및 분석으로 최적 방역관리 가능 • 농업·농촌 빅데이터 정보를 활용한 영농정보 종합지원, 스마트팜 앱, 공간정보기반의 빅데이터 활용
나노 바이오	• 분광 스펙트럼을 활용한 이병 증자 및 유전자변형 농산물 관리 • DNA 등 유전자 분석기술을 활용한 축산질병 탐색 • 나노 및 핵융합기술 활용 축산물 산지유통시설의 위해환경요소관리(HACCP) • 유전자 분석기법 및 패턴분석 기술을 활용한 원산지 식별
기타	• 3D프린팅을 통한 소규모 판매농산물 포장재 개발 • 가축분뇨, 발전소 폐열, 신재생에너지 등을 활용한 에너지 저장(ESS) 및 에너지통합관리기술(IEMS)

자료: 석태문 2019, 22

4) 보건

인류의 지속적인 기대수명 연장은 보건의료기술의 비약적인 발전 덕분이라고 할 수 있다. 1900년대 초 외과수술 및 항생제 사용부터 2000년대 계능 편집까지 의료기술의 발전으로 인하여 치료방법 및 치료제에 있어 괄목할 만한 개선이 있었다. 그러나 급속한 인구 증가, 늘어나는 기대수명, 신종 감염병의 등장 등으로 인하여 전 세계 인구가 더 건강하고 생산적인 노후를 보내고 건강 형평성을 실현할 수 있도록 하는 도구 및 기술의 개발이 요구되고 있다. 4IR 기술은 IoT와 AI를 활용하여 고령의 환자 또는 거동이 불편하거나 지속적인 면밀한 관찰이 필요한 환자의 원격 진료 및 신종 감염병으로 인한 비상 시 비대면 진료를 가능케

하고, 빅데이터를 활용한 치료법 연구를 통해 환자에게 맞춤형 처방을 내릴 수 있게 한다. 보건에 활용할 수 있는 4IR 기술의 구체적 사례는 표 Ⅲ-5에서 소개한다.

〈표 Ⅲ-5〉 보건에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
IoT	• Telemedicine : 정보통신기술을 활용하여 원거리 또는 의료서비스가 부족한 곳의 환자에게 제공하는 보건의료 서비스. 환자가 자신의 의료 데이터(바이탈, 혈압측정, 포도당 모니터링, 혈액샘플 테스트)를 통신회선을 통해 서비스 제공자에게 제공 • Virtual home assistance : 돌봄이 필요한 독거노인들에게 소리와 화면을 통해 가족들과 연결시키고 약물 복용 안내, 원거리의 보호자와의 연결 유지를 관리함 • Medical adherence tracking : 디지털 추적시스템을 부착한 복용약으로 환자의 투약여부를 기록함. 정신분열증, 우울증 등 정신질환 치료를 목적으로 개발되었으며 약에 붙은 센서가 복용 정보를 웨어러블 패치, 핸드폰으로 전송하여 환자 또는 보호자가 웹기반 포털을 위해 복용정보에 직접 접근 가능. • Emergency response systems : 케어가 필요한 환자의 응급상황에 대응하는 기술로 낙하, 응급상황에서의 도움, 거주지로의 회귀, 활동영역 밖으로 이탈 등을 탐지하며 응급상황 시 보호자 및 가족에게 알림
인공지능	• Detecting skin cancer : 흑색종과 같은 피부암 진단 (의사보다 높은 진단 정확도를 보임) • Eye health : 당뇨병성 망막증, 노화로 인한 황반변성의 증상을 확인하고 병의 진행 단계 전에 취해야하는 정확한 처방 제공 • Drug development : 병원진료기록, 환자건강기록, 유전자기록 등 다양한 경로의 정보를 통해 치료약이 환자의 세포와 조직에 어떤 영향을 미치는 예측하여 환자별 맞춤형 치료약 제공 • Knowing when someone in a coma will awaken : 뇌 스캔 정보를 통해 혼수상태 정도를 파악하여 환자가 깨어날 수 있는지 예측하여 생명유지장치 연장 사용 여부 결정 • Recognize depression : 스마트폰의 사용 행태(탭, 스크롤, 클릭사용)를 분석하여 우울증 및 정신질환을 예측할 수 있어 인지행동치료 원칙에 따라 효과적인 치료 제공 가능 • Robot doctors : 의료 관련 전문 서적 및 기사, 의료데이터를 사람보다 빨리 이해하고 의사면허 시험에 높은 점수를 얻음
빅데이터	• Value-based Care and Alternate Payments Models : 암 환자 치료법 데이터를 모두 모아 선호되는 처방과 그 외 처방 사이에서 선택을 함에 있어 가장 가치있는 의사결정을 하는데 도움을 줌. • A New Digital Classification to Track Individual Patients : 환자와 관련된 모든 데이터를 디지털 코드화 하여 현행 분류 시스템으로 분류할 수 없는 환자를 정확하게 분류해내 맞춤형 치료를 가능케 함
블록체인	• 디지털 신분증 생성 가능, 물리적 객체 추적 기능을 통해 약물공급망 무결성 및 출처 관리 가능, 데이터 소유자에 의한 데이터의 보안, 무결성, 출처, 투명성 및 관리 하에 데이터 교환 지원, 블록체인기반 의료보험 청구관리솔루션을 통한 비용 절감 및 사기예방
VR · AR	• 상담치료 이외의 시간에도 실상황에서 상담사에 의한 직접 코칭 및 학습을 가능하게 하여 정신건강 치료 프로토콜에 활용됨. VR을 활용한 해부학 강의 제공
3D 프린터	• 사용자 맞춤형 보조의료기기 및 약물 제작 가능, 하나의 알약으로 약물조합 가능
로봇	• 수술 정밀도 향상, 고령인구 돌봄 기능
드론	• 무인 구급항공기, 비상시 인명구조 의료기기 및 약품을 실은 드론, 장기를 적재하여 고립된 지역으로 송부 가능

자료: World Economic Forum 2019a

5) 무역

미래의 무역에 가장 큰 영향을 미칠 4IR 기술은 인공지능, 블록체인, IoT, 3D 프린터 그리고 VR·AR일 것으로 예측되고 있다. 특히 인공지능, IoT 기술은 무역의 전 단계에서 신속한 상황 판단을 통해 효율적인 의사결정을 가능케 하고, 생산자와 소비자를 직접 연결함으로써 소비자의 만족도를 반영한 개선된 서비스를 제공할 것이다. 또한 블록체인 기술을 이용해 중간상을 거치지 않고 거래함에 따라 무역업체의 거래비용을 절감하고 투명한 전자상거래를 촉진할 수 있을 것이다. 이와 같이 무역 분야의 4IR 기술의 적용은 스마트 공급망, 지속가능한 글로벌 가치사슬, 윤리적 무역 행태 구축에 기여함으로써 제품 및 서비스의 수출입을 용이하게 할 수 있다. 표 Ⅲ-6은 무역에 활용할 수 있는 4IR 기술의 구체적인 적용사례를 보여준다.

〈표 Ⅲ-6〉 무역에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
인공지능	- 고객서비스 개선 : 고객의 문의에 빠르고 정확하게 응답, 고객 만족 개선, 제품 및 서비스 개선 유도 - 배달시스템 개선 : 무인운행수단과 연합하여 빠른 배달 서비스 제공, 제품 구매 용이함으로 인구 분산 효과 - 의사결정 개선 : 정확하고 빠른 의사결정에 기여 - 일자리 재편 : 물류의 노동집약적 업무, 수요 예측, 생산, 고객 서비스의 자동화
블록체인	- 국경 간 지불 시스템 개선 : 환전 수수료 인하, 거래비용 0으로 국제 무역 촉진 - 공급망 내 추적 시스템 개선 : 양질의 제품 및 서비스 매매 가능, 제조 이력을 바탕으로 한 구매 가능, 가짜 제품 및 범죄작물 식별 가능 - 중간상의 필요성 감소 : 신뢰 확보 및 네고를 위해 필요한 중간상이 더 이상 필요없게 됨
IoT	- 정확한 실시간 의사결정 : 생산 과정의 모든 단계에 대한 내용과 전세계에 걸쳐 움직이고 있는 컨테이너 위치에 대한 정보를 바탕으로 정확한 실시간 의사결정 가능 - 소비자와 생산자 연결 : 초연결사회를 통해 데이터의 상호 공유가 가능해짐에 따라 소비자의 구매 및 사용 기호를 반영한 제품 개발 가능
3D 프린터	지역에 구매받지 않은 생산, 운송 및 노동 비용 절감, 작고 효율적이며 다양한 제품 출시 가능
VR·AR	전자상거래 촉진

자료: Global Shapers Community 2018

6) 교통

교통인프라 서비스의 수준은 통행수요와 교통 인프라의 수용량으로 설명될 수 있다. 대개 높은 통행수요를 교통인프라가 충족하지 못하여 교통체증과 통행의 불편함이 발생한다. 경제학에서 공급과 수요의 불균등 문제는 공급을 늘려 수요를 충족하는 방향으로 해결하지만,

교통인프라는 공공재적 성격이 강한 한계가 있기 때문에 유연한 확충이 어렵다. 4IR 기술을 활용한 교통 인프라 체계는 사람과 물자의 물리적인 이동을 최적화함으로써 이러한 문제를 극복할 수 있다. 자율주행과 공유 경제가 결합한 차량공유 플랫폼을 통한 이동수요의 흡수, 주차공간을 지리정보 빅데이터로 파악하여 알려주는 등 4IR 기술은 교통 서비스의 효율성과 편의성을 높이고 동시에 쾌적한 환경을 제공할 것으로 예측된다. 구체적인 4IR 기술 활용 사례는 표 Ⅲ-7과 같다.

〈표 Ⅲ-7〉 교통에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
IoT 및 인공지능	휴대 전화, GPS 내비게이션 시스템, 빅데이터와 결합되어 교통 모니터링을 자동화 하고 도로 위의 차량에게 혼잡함의 정도를 전달할 수 있음. 이를 통해 경로 계획을 최적화하고 여행 시간을 단축하고 온실 가스 배출을 줄임. 남아프리카 케이프 타운 의 스타트업인 IsMyTransport는 공식 및 비공식 대중 교통 데이터를 개방형 플랫폼 으로 통합하기 시작함. Ninja Van은 알고리즘과 실시간 추적을 사용하여 동남아시아 물류의 최종 배송 구간의 배달 품질 개선
블록체인	실시간 패턴 인식데이터와 결합하여 운송 네트워크 회사가 교통수단 사용량이 적은 시간에도 서비스를 제공하고 대중교통을 보완할 인센티브를 책정하는데 기여함
자율주행 차량	배출량이 적고, 공유 운송 및 물류 서비스를 위해 배치된 자율주행차량(자동차, 버스 및 트럭)의 경우 에너지 사용, 배출 및 도로 위의 차량 숫자를 줄일 수 있음
VR·AR	공유 공간에서 VR·AR 및 혼합 현실 회의 서비스는 회의를 위한 이동의 필요성을 줄여 소규모 회사의 연결성과 경쟁력을 강화에 기여

출처 : PwC 2017a

7) 건설

건설 산업에서의 4IR 기술은 기획설계-구매조달-시공감리-유지관리에 이르는 건설의 전 단계에서 활용됨으로써 건설의 친환경화, 작업의 효율성 및 안전성을 제고할 것으로 예측된다. 특별히, 4IR 기술 활용을 통한 BIM(Building Information Modeling) 기법의 도입은 설계 단계에서 평면적 설계기법에서 벗어나 부재를 입체적 표현방식으로 디자인하고 각 부재별로 재료의 특성이나 사용연한 등 개별적 정보를 입력해서 설계단계는 물론 향후 시공 및 유지관리 단계에서까지 활용케 한다. 이러한 3차원 정보모델을 기반으로 한 플랫폼을 통해 사업관계자들은 설계 과정에서부터 유지관리까지 의견교환을 통한 효율적 의사 결정을 할 수 있다.

이 밖에도, 무인운반차, 자율주행 건설기계, 드론, 3D프린터, 건설용 로봇 등 다양한 형태의 4IR 기술들이 건설현장에서 활용될 수 있다.

〈표 Ⅲ-8〉 건설에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
IoT 및 생명 공학	IoT 및 생명 공학을 활용하여 공간을 변경하고 운영 시스템을 통합하여 실시간 수요에 따라 조명, 난방, 배달 및 폐기물 수집을 보다 효율적으로 수행할 수 있음. IoT를 활용한 유지관리시스템을 구축해 건물의 효율적인 관리로 비용 절감 및 유지보수계획 수립의 최적화
인공지능 및 데이터 분석	인공지능 및 데이터 분석을 온라인 및 SMS 참여 플랫폼과 함께 사용하면 시민 및 소비자 요구에 따라 저렴한 비용으로 공간을 모니터링하고 조정할 수 있음. RFID(전자태그)를 건설자재, 건설중장비와 인력에 내장시켜 무선정보통신으로 실시간 정보를 추적하여 효율적인 건설자재관리를 통한 30% 이상의 공기를 단축
블록체인 및 인공지능	블록체인 및 인공지능 기술로 기획과정과 자산개발을 자동화함. 브라질 부동산 등록 사무소는 부동산 소유권 데이터의 정확성을 높이기 위해 블록체인을 시험 사용중. 코스타리카에서는 토지 소유권을 위한 블록체인 사용 시범 진행 중
드론, 3D 프린팅 및 로봇	드론, 3D 프린팅 및 로봇을 사용하여 보다 시기적절하고 자원 효율적인 방식으로 새로운 다기능 건물 건설 가능. 3D프린팅을 통해 건물의 구성요소들이 자동 생산되고 현장에서 조립위주의 작업이 이뤄져 건설프로세스의 자동화가 이뤄지는 모듈러공법의 활성화. 활용되지 않은 토지에서 경제 활동을 할 수 있도록 팝업 개발 가능
VR·AR	가상건축물 체험을 통한 의견 교환 및 이에 따른 설계 변경 가능
신소재	그래핀과 같은 신소재는 가볍고 철강보다 200배 강한 강도를 가지고 있어 환경영향 및 부하가 적은 건물과 공공장소 건설 가능

출처 : PwC 2017a, 오원섭 2018 참고하여 저자 작성

8) 에너지

에너지 산업에서는 재생에너지로의 전환과 함께 4차 산업혁명으로 일컬어지는 디지털화가 가시화되고 있다. 에너지 대전환의 주요 변화 동력으로는 재생에너지, 전력저장장치인 ESS(Energy Saving System), 전기자동차 및 무인 자율주행차, 그리고 분산 전원인 마이크로그리드의 확산이 꼽히고 있다. 재생에너지 중 태양광과 풍력은 지속적으로 비용이 줄고 보급량이 늘어 전 세계의 신규발전에서 60%를 넘게 차지하고 있다. 남은 전력을 버리지 않고 저장하여 유통시키는 새로운 개념의 ESS는 전력시장의 효율성 증가에 혁명적인 변화를 일으키고 있다. 이렇듯 에너지 실사용량 계산을 통한 정확한 에너지 수요 예측과 효율적인 전송을 통해 에너지 손실을 줄이는 스마트 그리드, 재생가능에너지를 생성하고 저장하는 기술을 통해 탄소배출량을 줄임으로써 환경 문제에 대처하는 청정에너지로의 대전환이 이루어지고 있다.

〈표 Ⅲ-9〉 에너지에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
IoT, 드론 및 로봇	센서 기반 그리드 및 네트워크 관리를 위해 활용되는 IoT, 드론 및 로봇을 통해 전력 시스템의 상태를 실시간으로 모니터링 및 검사하여 손실을 줄이고 신뢰성을 향상시킬 수 있음
인공지능과 스마트 미터	IoT, 드론, 로봇과 결합하여 에너지 생성 및 수요를 예측하고 최적화하는 데 기여함. 스마트 미터가 도입되면, 전력산업은 피크(Peak) 시기와 오프-피크(Off-Peak) 시기에 사용한 전력량을 별도로 구분하여 측정하고 피크에는 높은 가격을 적용하는 계시별 요금제를 도입할 수 있게 됨
빅데이터	미국 연방정부의 'Green Button Initiative' 제도는 전국의 많은 전력 회사가 보유하고 있는 전력 데이터를 표준화된 형식으로 저장하고 공유함으로써, 소비자는 전력 회사를 상호비교하여 전력요금을 줄이는 효율적인 사용에 관한 분석서비스를 받을 수 있으며, 앱 개발자 및 서비스 사업자들이 더 나은 고객 서비스를 제공할 수 있는 환경을 조성함
신소재, 신형 배터리 및 생명 공학	신소재, 신형 배터리 및 생명 공학은 용량을 늘리거나 최대 수요를 관리하여 재생 가능한 에너지를 생성, 저장 및 소비하는 새로운 방법 제공. 신재생에너지의 효율적 저장이 가능한 ESS로서 중대형 리튬이온배터리 사용
블록체인	IoT, 블록체인 및 중앙제 시스템이 결합되어 전력 서비스가 원활하지 못한 시장 내 전력 접근성을 향상시킴

자료: PwC 2017a, 김희집 2018 참고하여 저자 작성

9) 교육

교육 분야에서 4IR 기술의 활용은 기존 교육 시스템에 접근이 어려운 취약층에게 국제적인 수준의 교육 콘텐츠를 제공함으로써, SDGs 4번 목표인 포용적이고 공정한 양질의 교육 보장 및 모든 사람에게 평생교육 기회 증진에 유의미한 성과를 가져다줄 것으로 보인다.

〈표 Ⅲ-10〉 교육에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
인공지능, 빅데이터 및 클라우드	- 자기주도학습: 학생 스스로 학습 속도를 조절함으로써 같은 커리큘럼 내에서도 개별적, 독립적으로 자기주도학습을 할 수 있게 함. 평가 데이터베이스를 만들어 학생들의 학습향상에 대해 피드백을 제공할 수 있으며, 평가를 바탕으로 학생 개별 학습 수준에 적합한 교육 콘텐츠를 제공할 수 있음 - 다양한 교육 콘텐츠에 대한 접근: 모바일러닝플랫폼(예: MOOC)을 통해 거리와 시간의 제한 없이 온라인 원격 수업이 가능하며 세계적인 석학의 강의에도 접근이 가능함. 학교 밖의 비형식 교육의 영역이 넓어지며 평생학습이 가능
IoT 및 VR · AR	개인맞춤형, 참여형 수업을 할 수 있음. 가상현실과 연결시킴으로써 학습한 이론을 적용하여 실험해보는 것이 가능하며, 이에 따른 실용성 있는 직업 훈련이 가능
3D 프린팅	교구 제작에 활용될 수 있으며, 새롭고 혁신적인 제품 생산을 위한 디자인 교육에도 활용 가능

자료: University of Johannesburg 2019, Ally, Wark 2019 참고하여 저자 작성

현재 코로나19로 사회적 거리두기 조치가 시행되면서, 전 세계에서 예상치 못하게 온라인 교육으로의 전환이 빠르게 이루어지고 있다. 그러나 IT 제반 시설, 모바일 기기 및 온라인 콘텐츠의 부족, 저작권 문제, 학생들의 학습 효율성 저하 등 온라인 수업 여건이 제대로 갖춰지지 않은 데 따른 여러 문제점을 드러냈다. 디지털 격차로 인해 교육의 격차가 벌어지지 않도록 주의가 필요하다. 표 Ⅲ-10은 교육에 활용할 수 있는 4IR 기술의 적용 사례를 제시한다.

10) 공공행정

공공행정 분야에서 IT 기술의 활용은 행정 서비스에 대한 국민의 접근 편의성을 높이고 투명하고 효율적인 민원 업무처리를 통해 국가에 대한 신뢰성을 제고한다. 기존의 전자정부 시스템을 통한 원스탑 민원 서비스 제공, 빅데이터를 수집하여 코로나 확진자 동선 추적을 통한 신속한 방역 조치 시행 등이 그 예이다. 인공지능, 빅데이터, IoT, 클라우드, 블록체인과 같은 4IR 기술을 공공행정에 활용한다면, 공공데이터의 통합적 활용을 통한 기존 행정서비스의 고도화 및 새로운 선진화된 서비스 제공이 가능할 것이다. 다만, 각 분야, 부처별로 행정정보 서비스를 위한 정보공유, 서비스 플랫폼 구축에 관한 근거법 마련 및 개인정보보호, 정보보안 관련법의 유연화 등 법적 기반 마련이 선행되어야 할 것이다. 공공행정 분야에서 4IR 기술의 구체적인 활용 사례는 표 Ⅲ-11과 같다.

〈표 Ⅲ-11〉 공공행정에 활용할 수 있는 4IR 기술

4IR 기술	적 용
인공지능	기존 판례를 학습하고 분석하여 변호 및 판결을 지원할 수 있는 법률 지원 서비스, 방어시스템 구축에 적용될 수 있는 국방 서비스, 빅데이터 기반 의사결정지원 서비스, 빅데이터와 결합하여 특허 심사 및 금융, 인허가, 자격심사 등의 행정서비스에 활용 가능
빅데이터 및 IoT	빅데이터를 활용하여 데이터 중심의 정책 수립 및 공공서비스 제공이 가능함. 스마트 교통관제시스템, 스마트 공원, 주차 관리, 통관서비스, 복지서비스, 재난 및 재해방지 서비스, 치안 서비스, 감염병 확진자 동선 파악을 통한 스마트 방역, 미세먼지 및 수질오염 등 환경 관련 서비스에 활용 가능
클라우드	정부 부처 간 데이터를 기반으로 한 협업 및 업무 간 융합의 가능성이 높아져 중복이 없는 효율적인 업무 처리 및 융합된 정보를 바탕으로 한 보다 나은 의사결정이 가능
블록체인	전자투표, 부동산 거래, 인증서 없는 민원출원 서비스 및 각종 증명서 발급, 서류의 위변조 방지 및 확인, 개인정보보호, 해킹방지 등 정보보안 서비스, 정부보조금의 사적인 유용방지, 정부 조달시스템, 분산형 신원확인(Decentralized Identity)을 통한 여권 발급 등 기존 행정서비스의 투명성 증진 및 새로운 행정서비스 개발 가능

자료: 윤광석 2018, Nalubega, Uwizeyimana 2019 참고하여 저자 작성

3. 개발협력사업 분야별 적용 사례

개발협력 사업에서 4IR 혁신기술은 선진공여기관을 중심으로 이미 활용되고 있다. 실제 4IR 혁신 기술이 어떻게 사업에서 활용되었는지, 독일 및 네덜란드 개발협력 사례를 중심으로, UNCTAD(United Nations Conference on Trade and Development)와 ADB(Asian Development Bank)사례들도 함께 참고하여 정리하였다. 사업 기관의 특성 및 사업 운영 방식보다는 사업에서 4IR 혁신기술의 활용 중심으로 살펴보고자 한다¹⁵⁾.

1) 기후변화

기후변화의 주요 요인 중 하나로 삼림벌채 및 이산화탄소 배출 증가가 있다. 이와 관련하여 개발협력 사업에서는 삼림벌채 및 무분별한 개간을 줄이고 사막화 방지, 그리고 이산화탄소 배출 감소를 위해 신재생에너지의 사용을 확대해 가고자 한다. 4IR 혁신기술은 사업효과성을 확대하는데 다양하게 활용될 수 있다. TRASE¹⁶⁾사업은 온라인 플랫폼, 디지털 데이터베이스, 데이터 가공, 지리적 데이터(Geo-data), 지구관측(Earth Observation) 기술을 활용하여 생산에서 소비에 이르기까지 농산품의 공급체인을 통해 농산품 생산량을 조절함으로써, 무분별한 열대 삼림 벌채를 막는 동시에 지속가능한 농산품 무역을 실현하고자 한다. 플랫폼을 통해 농산품의 경로를 따라가며 수요공급을 확인함으로써 불필요한 벌채를 막고자 함이다. 삼림 황폐화 방지를 위한 사업으로 GIS(지리정보시스템), 위성사진 등을 데이터베이스화 한 사업¹⁷⁾도 있다. 위성 촬영을 통해 나무 개체수, CO₂저장소, 숲 재건 활동 등의 정보를 수집하여 디지털 환경지도를 만들어 분석하고, 이를 바탕으로 보호 및 관리 필수 구역을 지정하고 숲 재건 성과를 파악한다. 신재생에너지를 활용한 사업으로는 사하라이남 아프리카 교외 지역에 30~200와트 용량의 독립형 태양에너지 시스템(off grid solar system) 설치¹⁸⁾ 사례가 있으며, 에너지를 소비한 만큼 요금을 모바일로 납부할 수 있어 다소 소외된 지역에서의 경제적인 효과는 물론 등유 사용을 대체함으로 환경적으로도 긍정적인 효과를 창출하였다.

15) 부록 2, 4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한 개발협력사업 발전방안 연구 사례 정리 참고

16) TRASE(Transparent supply chains for sustainable economies) (네덜란드 IT4D 사례)

17) REDD+ Reducing Emissions from Deforestation and Forest (독일 Toolkit 사례)

18) An Off-grid Energy Supply for Rural Area, East Africa (독일 Toolkit 사례)

2) 식수 및 위생 관리

식수 부족부터 오염된 물의 사용 등의 문제는 인간의 삶 뿐만 아니라 생물다양성 보존에도 영향을 미친다. Caddisfly¹⁹⁾ 프로젝트는 간편한 수질 검사 키트를 제공하고, 앱을 통해 단계별로 수질검사를 실시하여 검사 결과를 확인할 수 있도록 한다. 또한 검사 결과를 데이터베이스화하고, 이를 온라인 플랫폼과 대시보드에 시각화하여 공유함으로써 깨끗한 식수에 대한 접근성을 높이려 하였다. 방글라데시 갠지스 삼각주에서는 IoT 기술을 활용하여, 주민들의 식수로 사용되는 지하수 관리가 가능해졌다. 그동안 기술적, 비용적 어려움으로 비소 오염에서 자유롭지 못하였으나, 무선 센서를 설치하고 데이터를 분석하여 비소의 유동성을 조절함으로써 오염된 식수로부터 예방이 가능해졌다²⁰⁾. 이 외에도 물부족 현상을 겪고 있는 페루에서는 SCADA시스템(Supervisory Control And Data Acquisition, 원격감시제어시스템) 또는 GIS를 토지 등기 정보와 연계하여, 실제 물 소비와 청구된 금액의 차이를 확인하고, 누수 위치를 감지함으로써 부족한 물에 대한 효율적인 관리 및 사용을 가능케 한 사업이 진행된 바 있다²¹⁾.

3) 농업

농업 분야에서의 4IR 혁신 기술 활용은 농작물 관리와 보험 등의 측면에서 살펴볼 수 있다. 농작물 관리와 관련하여서는, 농작물의 생애주기에 따라 관리 방안을 제안하거나 농작물 병충해 발생 시 대응 방안을 안내해주는 앱 개발 사업²²⁾이 대표적이다. 나아가 재배 작물의 공급수요 및 시장가격을 공유하는 플랫폼 사업도 찾아 볼 수 있다. 특히 코로나로 인해 식량안보에 대한 관심이 높아진 가운데, 스마트팜 기술을 활용한 작물의 생산성 향상 및 시장 안정은 소득증대로도 이어지는 효과가 있을 것이다. 또한 가뭄 혹은 홍수에 의한 피해 보상 프로그램들²³⁾은 빅데이터를 활용하여 일정기간 비가 내리지 않아 가뭄이거나 평소보다 초과하여 내렸을 경우 자동적으로 보험금을 청구하게 되어, 소작농 개별적으로 증명을 하여 신청하거나 개별 케이스를 검토하는 등의 과정이 단축되어 신속한 보상이 이루어질 수 있다.

19) Caddisfly Improving water quality: from smartphone to change (네덜란드 IT4D 사례)

20) Ramanathan et al (2006), Designing Wireless Sensor Networks as a Shared Resource for Sustainable Development (수질관리에 활용 가능한 IoT - UNCTAD에서 재인용)

21) Securing the Water Supply-GIS-Based Land Registry, Peru (독일 Toolkit 사례)

22) IT4D, Toolkit, UNCTAD 모두 유사사업 제시

23) IT4D, Toolkit, UNCTAD 모두 유사사업 제시

4) 보건

보건 분야의 4IR 혁신기술 활용은 그 범위가 매우 광범위하다. 3D 프린팅 기술을 활용한 의수, 의족, 뼈, 치아 등 제작이 있으며, 뼈, 치아 등의 이식 사례는 종종 찾아볼 수 있다. 영상의학전문가가 부족한 개발도상국에서 소프트웨어를 사용하여 15초 만에 가슴 엑스레이를 분석하고 이상 징후를 감지하며, 결핵 가능성을 진단할 수 있는 사례²⁴⁾도 있다. 진단 영상기술, E-health 소프트웨어, 기계학습, 인공지능 등의 기술을 활용한 결핵 감지 사업으로, 15개국의 데이터를 기반으로 기계학습과 인공지능을 통해 진단의 정확도를 높이고 진단 시간을 줄임으로써, 치료가 적시에 이루어지도록 한다. M-TIBA²⁵⁾는 모바일 결제와 데이터 교환을 위한 플랫폼, 모바일 지갑, 실시간 정보 대시보드 기술을 통해 의료보험 혜택을 받고 연계된 병원에서 진단, 치료비 지불이 가능하도록 한다. 이로써 병원은 환자의 질병 내역 관리가 수월해지고, 정부는 투명한 방식으로 취약계층에 접근이 가능해진다. 또한 지속적으로 수집된 디지털 정보를 바탕으로 진단 및 의료서비스에 대한 실시간 정보 제공이 가능해진다. 오픈소스 소프트웨어 및 데이터베이스 기술을 통해 의료정보 및 기록을 데이터베이스화하여 관리 및 감독, 타 부처 또는 타 프로그램과의 협업을 용이하게 하는 디지털 의료정보 시스템 사업²⁶⁾도 있다. 의료 기록의 관리는 환자 및 의사 모두에게 불필요한 시간을 단축시켜주는 동시에 충분한 진료시간 확보에도 도움이 된다. 원격의료 기술을 활용한 소외지역에서의 의료서비스 접근성 확대 사례도 4IR 혁신기술을 통해 가능하다.

5) 무역

무역 분야는 일찍이 ICT 등의 기술 사업이 많이 이루어진 분야이다. 선진국과의 연결고리로 수출·수입에 따른 전산화 및 데이터화가 타 분야에 비해 우선적으로 진행되었다. KOICA에서도 다양한 전자무역 사업이 있다. 다만, 그 동안의 사업이 주로 수출·수입에 따른 절차를 간소화하기 위함이었다면, 무역의 범위를 확대하여 물류체인 전반으로 살펴보면 가치사슬 최적화 및 공급사슬 내 정보 공유 플랫폼 등도 개발협력 대상 사업으로 고민해 볼 수 있다. 우간다에서는 스마트폰 앱을 통해 바코드를 스캔하여 물품의 질과 양을 데이터로 기록함으로써 효율적인 재고 관리를 하고, 결과적으로 행정비용을 줄여 수익으로 이어질 수 있게 설계하였고,

24) CAD4TB(Computer-Aided Detection for Tuberculosis) (네덜란드 IT4D 사례)

25) M-TIBA Making healthcare more inclusive with a mobile Health Wallet (네덜란드 IT4D 사례)

26) Health: a Digital Health Information System, Bangladesh (독일 Toolkit 사례)

향후 전자 지불 방식도 도입 예정에 있다²⁷⁾. 유사하게는 추적 매핑시스템(TMS) 및 정보관리 시스템(IMS) 등을 활용하여 생산부터 판매까지 정보를 입력하여, 중간 상인을 거치며 이윤창출이 어려운 상황을 개선하는 사례²⁸⁾도 있다. 더 크게는 생산에서부터 수출까지 전 과정에서 ICT 기술을 접목하여 공급사슬의 효율성을 증대시키고 블록체인 기술로 투명성을 확대함으로써 소득창출에 이바지하는 사업도 고려해 볼 수 있다.

6) 교통

교통은 국가 발전 및 생활의 기반을 형성하는 사회간접자본이다. 개발도상국은 도시화가 이루어지면서 심각한 교통체증을 겪게 되는 곳이 많다. 탄자니아 다르에스살람은 교통체증을 완화하기 위해 크라우드 소싱을 통해 주요 시내 지역을 지도화 하고, GPS데이터를 활용한 앱 사용자의 동선을 추적하여 도시의 주요 교통회랑을 보여주는 시스템을 개발하였다²⁹⁾. 이 정보를 바탕으로 지역 및 공공 데이터를 접목하여 복합적인 교통 경로 모델링이 가능하며, 수요에 기반하여 필요한 조치를 고안할 수 있게 설계되었다. 또한 앱을 통해 다양한 교통노선을 제시함으로써 최적의 경로를 선택할 수 있게 하였다.

7) 교육

교육 분야에서는 지리적 한계를 보완하기 위해 태블릿을 통한 교육 사업이 다수 있었다. 교육 분야의 4IR 혁신기술은 태블릿 보급 혹은 온라인 학습과 같이 교육 방식 측면에서 활용되는 것과 교육 콘텐츠 부분에서 활용되는 것으로 나누어 볼 수 있다. 또한 학생, 예비취업자, 언론인 등 교육 대상자에 따라 다양한 접근이 가능하다. 남아메리카 the Future Adapter 프로젝트³⁰⁾는 4IR에 대한 관심이 높아지면서 관련 기술에 대한 이해 및 사용능력을 향상시키는 교육 사업이다. 남아메리카 전역에 컴퓨터 사용능력(e-literacy)을 높이기 위해 실시된 역량강화 프로그램으로 기술을 실습할 수 있는 교육프로그램을 통해 기술 활용도를 높이하고자 하였다. 언론 통제 및 억압이 있는 국가에서 언론인이 제대로 된 정보를 제공할 수 있도록 언론인의 자질을 교육³¹⁾하거나, 이들의 디지털 보안 역량 강화 교육 및 오픈 멘토링

27) Optimising Value Chains in the Farming Sector, Uganda (독일 Toolkit 사례)

28) Digital Registration, Allocation and Tracking of cocoa Production, Sierra Leone (독일 Toolkit 사례)

29) A Sustainable Public Transport System in Dar es Salaam, Tanzania (독일 Toolkit 사례)

30) the Future Adapter Project, South America (독일 Toolkit 사례)

31) Blended Learning for Local Journalists, Ukraine (독일 Toolkit 사례)

앱을 개발³²⁾하는 사례도 있다.

8) 기타 사례

4IR 혁신기술은 인도적 지원에서도 활용가능하다. Humanitarian Data Exchange(HDX) 플랫폼에서의 인도적 위기와 관련한 데이터 제공은 효과적인 인도적 지원이 가능하도록 한다³³⁾. 취약계층 보호를 위해 위기 예측 및 대응 모델을 개발하고 식량안보, 질병, 기후 위기 등을 사전에 감지하여 초기 대응이 이루어질 수 있다. 재난 발생에 대응하는 속도, 질, 비용대비 효율성을 증진하고자 지리정보, 지구관찰, 오픈데이터, 드론, 실시간 정보 분석 기술이 활용될 수 있다³⁴⁾. 디지털 리스크 평가를 통해 재난에 대비하고, 영향력 예측 분석을 통해 조기 정보 및 대응체계를 발동하고, 위급상황 데이터를 통해 재난에 즉각 대응하며, 재난의 어느 단계에서나 직접 디지털 지원이 이루어질 수 있다.

취약계층 및 소외계층을 위한 사회적 보장 프로그램에서는 데이터 수집 및 관리, GPS 등의 기술을 활용하여 효과적이고 투명하게 운용할 수 있다. 스마트카드를 지급하여 소유자의 식별가능 정보 및 데이터를 저장하고, 2달에 1번 복지오피스에 방문하여 체크하여 그에 맞게 보장 혜택이 조정될 수 있도록 한다³⁵⁾. 혹은 GPS 활용 및 위성촬영을 통해 세대의 지분을 판별하여 현금지원 수혜가능자를 식별 가능하게 해준다. 이를 바탕으로 지역 공무원이 방문하고 취합한 정보 등을 빅데이터를 활용함으로써, 취약층을 지속적으로 파악하고 지원할 수도 있다³⁶⁾. 거버넌스 분야에서는 블록체인을 활용한, 토지권·재산권 보장을 위한 투명한 등록시스템³⁷⁾이 있으며, 출생증명서의 전자 발급을 통한 행정 효율성 확대 사례³⁸⁾도 쉽게 찾아볼 수 있다.

대출 지원 프로그램에서도 4IR 혁신기술 사례를 찾아볼 수 있다. 요르단의 Liwwa 프로젝트³⁹⁾는 대출 관리 시스템, 신용 분석 엔진, 온라인 렌딩 플랫폼 등의 기술을 통해

32) The Digital Safety Training Platform, Uganda (독일 Toolkit 사례)

33) OCHA's Centre for Humanitarian Data (네덜란드 IT4D 사례)

34) Project 510 (The Netherlands Red Cross) (네덜란드 IT4D 사례)

35) a Social Security System, Malawi (독일 Toolkit 사례)

36) Unconditional Cash Transfers(UTCs) and ICT, Pennies from Heaven (독일 Toolkit 사례)

37) Blockchain: an Incorruptible Code (독일 Toolkit 사례)

38) E-Governance in Municipal Offices, Bangladesh (독일 Toolkit 사례)

39) Project Liwwa, Tech-enabled lending to SMEs provides jobs and income in Jordan (네덜란드 IT4D 사례)

기업의 주요 정보를 바탕으로 기준 충족 시, 사업성과 포트폴리오를 바탕으로 신용분석을 실시하고 등급을 산정하여, 별도의 보증 없이도 대출 상품 제공하고 있다. 또한 온라인 렌딩 플랫폼을 통해 관심 있는 투자자들이 온라인 Liwwa 계좌를 통해 직접적으로 재정 지원이 가능토록 하였다.

한편, 대규모 인프라 사업으로는 구글 프로젝트의 하나였던 룬 프로젝트(Project Loon)⁴⁰⁾가 있다. 태양열로 조정되는 별론을 띄워서 통신사로부터 신호를 받아 인터넷 연결을 확대하는 프로그램이다. 농촌, 원거리 지역 및 인터넷 취약지역에 대규모 통신망 인프라 구축 대신, 태양열을 활용하여 기구를 고도의 성층권에 배치시키고 최대 LTE 속도의 무선네트워크를 공중에 만들어줌으로써 통신망의 범위를 확대하는 것이다. 인도네시아에서 시범적으로 시작된 이 프로젝트는 현재 독립된 회사로 아프리카 케냐로 사업을 확대 중에 있다. Global Learning Xprize에서는 다양한 혁신기업들의 개발협력 사업 참여를 확대하고 개발도상국의 교육에 대한 접근성을 높이고자 인센티브 상금 모델을 강조하고 있다. Xprize에서는 개발협력 사업에서의 수익창출 필요성을 강조하면서도 규모 확대를 위해서는 정부 및 공여기관들과의 협력도 반드시 필요함을 언급하고 있다. 실험에 가까운 프로젝트 사업으로 ODA의 성격은 아니겠으나, 이러한 신기술 활용 확대 혹은 민간의 참여를 위한 ODA사업을 고민해볼 필요는 있다.

4. 4IR 기반 혁신 기술 적용의 문제점

이러한 4IR 기반 혁신 기술로 인한 장점은 앞서 서술한 것처럼 분야별로 다양하다. 그러나 기술 적용으로 인한 문제점도 간과할 수 없다. 특히, 디지털화에 따른 불평등, 억압, 불안정성을 증가시킬 위험을 수반한다는 사실을 인지해야 한다. 우선, 4IR 기반 혁신기술 사용으로 인하여 에너지소비가 증가할 수 있다. 블록체인, IoT, 3D 프린터 등 해당 기술을 사용하기 위해서는 더 많은 에너지 소비가 야기될 것이며, 추가적인 에너지 소비는 결과적으로 또 다른 문제를 야기한다. 또한 4IR 혁신기술의 확산은 도시의 효율성 및 경쟁력을 향상시키며, 이에 따른 경제활동의 기회를 찾기 위해 농촌에서 도시로 유입되는 인구 또한 늘어나게 된다. 이는 도시에 가해지는 부담이 늘어나는 동시에 상대적으로 농촌의 개발이 뒤처지며 지역 간 격차를 높일 가능성이 있다. 기술 발전으로 인한 자동화 또한 당연한

40) loon.com

수순일 것이다. 따라서 이로 인해 일자리를 잃고 불평등이 심화될 수 있는 가능성도 동시에 내포하고 있다.

이에 정부가 4IR 혁신기술의 혜택 또는 기회가 소외되는 사람 없이 모두에게 돌아갈 수 있도록 자동화가 예상되는 직업군의 노동인력을 위한 재교육실시, 세금시스템 및 사회보호 시스템 재설계 정책을 세워야 한다. 뿐만 아니라, 4IR 기반 혁신기술을 활용하기 위해서는 기본 디지털 문해능력을 보유하고 있어야 한다. 이러한 능력 배양을 위해서는 이른 나이부터 관련 교육이 이루어져 경제활동 시 바로 활용 가능토록 해야 한다. 무엇보다도 새로운 기술을 시험하고 채택하기 위해서는 민간 부문과 정부 간에 더 큰 데이터 공유 및 협업 솔루션이 필요하며 투명성과 수익과 관련된 인센티브가 보장되어야 한다.

마지막으로 많은 데이터가 서비스 제공 업체, 기업 및 시민에게 디지털 방식으로 생성되고 공유되므로 보안 및 개인정보 보호 문제가 아주 중요해지고 있다. 개인정보 보안에 대한 사회적 합의 또는 관련 규정 등이 미흡한 국가에서는 문제의 중요성에 대한 인지부터 필요하며, 이에 대한 체계적인 보호 및 관리 시스템 구축이 선행되어야 한다. 공유 경제 모델은 당사자 간에 신뢰가 있고 투명성이 있는 경우에만 작동하기 때문에 취약성을 평가하고 위협에 신속하게 대응하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

이 외에도 4IR 혁신기술을 개발협력 사업에 어떻게 활용하느냐에 따라 고민되어야 하는 문제점들도 있다. 개발협력 사업의 도구로 활용하기 위해서는 실제 활용할 수 있는 기반 또는 관련 규정이 있는지 살펴봐야 할 것이며, 기존의 협력국 시스템과 융합이 이루어지는지 등의 문제가 있다. 해당 기술이 사업의 결과물일 경우 향후 사업이 종료된 이후에 지속적인 활용 및 유지관리가 가능한지 등의 문제가 있다.

앞서 언급되었던 사례들을 살펴보면, 사업의 분야는 다르지만 공통적으로 우려되는 보다 구체적인 사항들을 몇 가지 찾아볼 수 있다. 우선, 새로운 기술의 적용은 기존의 방식과는 다르기 때문에 활용 대상자가 다소 거부감을 느끼거나 변화의 필요성을 느끼지 못하는 경우가 있다. 그리고 많은 사용자의 기술 활용능력 향상이 뒷받침되어야 하기에, 사업 구성 안에 이들의 교육훈련도 필수적으로 포함되어야 할 것이다. 특히 농업분야의 경우, 실제 기술 활용에 있어 가이드라인 보다는 개별적인 지식에 의거한 활용으로 그 효과가 제대로 발휘되지 않는 경우가 종종 있기 때문이다. 따라서 이들을 설득하고 적극적으로 활용하기까지는 혹은 효과성을 확인하기 전까지는 상당한 시간을 필요로 한다.

4IR 혁신기술은 네트워크를 기반으로 가상과 현실을 연결하고 있는 바, 네트워크 연결성 문제도 있다. 개발도상국에서 네트워크 연결성은 상대적으로 불안정하고 취약하다. 이는 사업을 통한 편익을 확대하는 데에도 상당한 제약조건으로 작용하게 된다. 서비스 사용자 수 증대에도 한계점으로 작용하며, 부족한 네트워크 인프라 및 비싼 사용 비용은 결국 시장 생성에 악순환으로 이어지게 된다. 개발협력 사업을 통해 데이터를 수집하는 데에도 불안정한 네트워크 망은 데이터 보안 차원의 위험이 있으며, 사업이 종료되고도 성과를 유지하는데 충분한 시장 형성이 어려울 것이라는 점에서, 네트워크 연결성은 반드시 해결되어야 하는 도전과제로 남아 있다. 또한, 4IR 혁신기술 활용은 데이터 수집을 기반으로 하고 있는 바, 올바른 데이터가 제대로 수집되지 않는다면 막대한 비용을 투입하였어도 그 효과성이 미미해질 가능성이 매우 높다. 정확한 데이터가 수집될 수 있는 네트워크 기반 마련의 문제가 가장 기본적으로 선결되어야 할 것이다.

사업을 통해 생성되고 수집되는 데이터에 대한 문제는 개발협력 사업에서 가장 중요한 이슈일 것이다. 대부분의 사업은 수행되는 과정 속에서 데이터가 수집되고 어딘가에 저장되고 있으며, 그 데이터를 활용하여 서비스를 제공하고 있는 사업도 있다. 다만, 클라우드 기반 시스템을 활용하는데 있어 구글, 아마존 등과 같은 대형 공급자에 대한 의존도의 상승, 데이터 보안 및 주권에 대한 문제가 발생할 가능성이 있다. 사업을 통해 수집되는 데이터는 개인정보부터 시작하여, 국가 내 유전자 정보, 지리 정보, 금융 정보 등 모든 종류의 정보를 망라한다. 이러한 정보는 사소하게는 개인의 문제일 수도 있으나, 국가 차원의 안보와도 연결될 수 있는 만큼 많은 주의가 필요하며, 보안에 각별히 신경 써야 할 것이다. 또한 수집된 데이터가 악용되지 않도록 개발도상국 내 데이터의 의미와 혁신기술 및 데이터 활용에 대한 책임에 대한 인지도 향상은 물론 관련 규정 및 제도 수립이 반드시 뒤따라야 할 것이다.

마찬가지로 펀딩 이슈 또한 중요하다. 기술 활용은 많은 투자비용을 요한다. 개도국의 경우, 선진국과는 달리 활용 가능한 인프라가 미흡한 만큼 초기 비용은 상당할 것이다. 그리고 대부분의 사업에서의 효과는 단기적인 것보다는 장기적인 관점에서 접근이 필요하다. 현재 진행 중인 사업들도 지금 당장의 결과보다는, 미래의 편익을 위해 투자 및 개발이 이루어지고 있는 것이다. 상대적으로 짧은 사업 기간의 적은 ODA를 통한 재원조달만으로는 한계가 있을 것이다. 사업 효과의 지속가능성을 위해서는 민간의 협력, 그리고 자립할 수 있는 하나의 시장으로 형성되어야 하는 과제가 남아있다.

이와 같이 4IR 기술은 장점과 단점이 공존하고 있기에, 개발협력 사업에 활용하는데 있어서 더욱

깊은 고민이 요구된다. 개발협력에 도움이 되는 긍정적인 파급효과는 최대화하면서 각종 격차를 야기하는 부정적인 파급효과를 최소화할 수 있는 방법을 모색해야한다. 최근 발생한 코로나19는 그동안의 생활방식에 큰 영향을 끼치며 물리적 거리 혹은 벽을 만들었고, 이러한 단절을 극복하고 연결하는 도구로서 4IR 혁신기술은 더욱 각광받게 되었다. 다만, 기술 간극에 따라 기술의 적용 및 활용도 중요하지만, 4IR 혁신기술 기반 마련을 위한 시스템 구축 및 역량강화, 관련 법·규제 마련, 마스터플랜 수립, 이니셔티브 및 공동 연구 등도 이루어져야 하는 바, 개발협력 사업에서 고민할 수 있는 4IR 혁신기술 활용은 매우 광범위하다고 볼 수 있다. 이에, 다음 장에서는 앞서 살펴본 분야별 활용 가능한 4IR 혁신 기술을 바탕으로 기술을 중심에 놓고 사업을 구성하는 방식이 아닌, 기존 사업에서 활용 가능한 기술이 무엇인지를 파악하고, KOICA 사업에서의 적용 가능성에 대해 다뤄보고자 한다.

IV. KOICA 사업 분야별 혁신기술 적용 가능성

앞서 언급한 4IR 기반 혁신기술들이 KOICA의 개발협력사업에서 가장 큰 비중을 차지하는 프로젝트/개발컨설팅 사업⁴¹⁾에서 분야별로 어떻게 적용될 수 있는지 알아보도록 하겠다. 현재 KOICA의 사업은 크게 공공행정, 교육, 기술환경에너지, 농림 수산, 보건의료 등 5가지 분야로 나뉘지만, 사업 구성요소를 기준으로 살펴보면 가장 큰 비중을 차지한 분야는 건축이며, 각 분야별로는 직업훈련, 모자보건 및 의료시설지원, 전자정부, 농촌개발 및 수자원관리 사업이 주를 이룬다.

1. 사업구성요소 측면 – 건축

KOICA의 프로젝트/개발컨설팅 사업 구성요소를 자세히 살펴보면 건축 및 기자재가 차지하는 비중이 높은 것을 확인할 수 있다. 2019년 실적 기준, 교육, 보건의료, 공공행정, 농림수산, 기술환경에너지 사업 내 건축 및 기자재 예산이 차지하는 비율은 각각 51%, 47%, 56%, 44%, 44%로 프로젝트/개발컨설팅 사업 예산의 40~50%가 건축 및 기자재에 사용되고 있음을 알 수 있다. 따라서 건축요소의 4IR 기반 혁신 기술 적용 가능성을 생각해볼 필요가 있다. 건축은 기획설계, 구매조달, 시공감리, 유지관리라는 4단계의 밸류체인으로 구성되어 있다. 각각의 단계별로 표 IV-1과 같은 4IR 기반 기술의 활용을 고려해 볼 수 있다. 기획설계 단계에서는 BIM⁴²⁾ 플랫폼을 이용하여 모든 이해관계자가 정보를 공유하여 설계 오류를 최소화할 수 있고, 구매조달 단계에서는 초소형 IC 칩을 건설자재에 부착하여 해당정보를 추적 관리하여 자재 물량을 정확하게 파악함으로써 효율적인 자재 관리가 가능하다. 또한 시공감리 단계에서는 드론으로 시공 부지를 자동으로 촬영 및 3D 데이터로 전환하여 제공함으로써 공사 계획을 안전하고 계획적으로 수립할 수 있다. 마지막으로 유지 관리 단계에서는 드론 및 센서들을 활용하여 건물의 안전사고를 미리 감지하여 건물 사용자에게 안내함으로써 인명피해와 사고를 줄일 수 있다.

41) 2019년 대외무상원조실적 통계 기준, 48.9%를 차지함

42) BIM은 3차원 정보모델을 기반으로 시설물의 생애주기에 걸쳐 발생하는 모든 정보를 통합하여 활용할 수 있도록 시설물의 형상, 속성 등을 정보로 표현한 디지털 모델임(삼정 KPMG 2018b)

〈표 IV-1〉 건축 요소에서 활용할 수 있는 4IR 기술

건설 단계	4IR 기반 기술 활용
기획 설계	• BIM 플랫폼 도입을 통한 설계오류 최소화 • VR·AR을 통해 이해관계자 모두가 가상건축물을 체험하면서 의견을 교환하고 수정사항을 설계도에 반영하여 효율적인 의사결정 수행 및 사업수행의 최적화, 생산성 향상, 경제성 극대화
구매 조달	• 초소형 IC 칩을 건설 자재 및 중장비에 부착하여 무선 주파수를 통해 실시간으로 해당 정보를 추적 관리하는 기술인 RFID(Radio Frequency Identification, 전자태그)를 활용하여 건설 자재의 위치 및 물량을 파악함으로써 자재의 효율적 관리, 공사기간 단축 및 원가절감 가능
시공 감리	• 드론으로 건설시공현장에서 부지를 자동으로 촬영하여 3D 데이터로 전환 후, BIM 플랫폼으로 전송하여 시공계획 시뮬레이션 가능, 공사 공정과 안전 계획 수립에 기여 • 3D 프린팅을 통해 BIM으로 설계된 건물의 구성요소의 현지 생산
유지 관리	• 드론으로 건물을 순찰하여 외벽 균열 및 부식 정도를 확인하고 안전사고가 일어나기 이전 선 조치를 통해 유지보수를 위한 인력, 비용, 시간 절약 • 지능형CCTV, 가스센서, 진동센서, 화재감지센서 설치 및 IoT 플랫폼을 활용하여 재난 시 인명피해 최소화 및 건물 안전 관리

자료: 오원섭 2018 바탕으로 저자 작성

그러나 우리나라 건설 산업에서의 4IR 혁신기술 활용도는 타 산업대비 현저히 떨어지는 것으로 나타나고 있다. 예를 들어 인공지능 기술은 23개 직종 산업 평균이 16.6%이나 건설 관련직은 11.4%, 빅데이터 기술활용은 타 산업평균이 20.7%인데 반해, 건설 산업은 4.5%인 것으로 확인되었다(삼정 KPMG 2018b). 따라서 건축 공정 모든 단계에서 4IR 기반 혁신기술 적용을 고려하기 보단 상대적으로 적용이 쉬운 단계부터 기술 활용을 검토해 볼 수 있을 것이다. 표 IV-2는 건설업 내 기술공급자로서 두각을 나타내고 있는 디지털 건설기술 기반의 솔루션을 개발하고 있는 스타트업들이다. V-KIST 사업⁴³⁾과 같이 건축규모가 큰 사업의 경우는 이러한 솔루션 도입도 검토해 볼 수 있을 것이다.

43) 한-베트남 과학기술연구원(Vietnam-Korea Institute of Science and Technology, V-KIST) 설립 사업으로 한-베 과학기술연구원 건설 및 운영 전반에 대한 자문, 연구소 운영을 위한 각종 실험 및 사무장비 제공, 연구소 직원의 역량개발과 공동연구를 포함함

〈표 Ⅳ-2〉 디지털 건설 기술 스타트업 기업

기술 구분		기업
플랫폼 기술	BIM 및 클라우드	온셰이프
	IoT	레이븐
데이터 수집 기술	무인 항공기	스카이캐치
데이터 분석 기술	데이터 고급 분석(빅데이터, 인공지능 등)	업테이크
적용 기술	AR	홀로빌더
	VR	아이리스VR
	모듈러	카테라
	3D 프린팅	MX3D
	로보틱스	컨스트럭션 로보틱스
	지능형 건설장비	코마츠

자료: 손태홍, 이광표 2019, 17

2. 사업 분야 측면

1) 교육 - 직업훈련 사업

KOICA에서 수행하고 있는 프로젝트/개발건설팅의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 분야는 교육 분야⁴⁴⁾이다. 그리고 동 분야 사업 중 가장 많이 수행되고 있는 사업⁴⁵⁾은 직업훈련 관련 사업이다. 직업훈련 사업의 주요 구성요소는 표 Ⅳ-3에서 보는 바와 같다. 직업훈련 사업에서 가장 중요한 구성요소는 교사를 교육하는 것과 이들을 교육할 교재의 개발, 그리고 교사들이 학생들을 가르칠 때 사용하는 교육 교재를 개발하는 것이라고 할 수 있다.

지금까지의 직업훈련 사업의 방식이 물리적인 교육 공간을 구축하고 관련 기자재를 설치하여 학생들을 직접 교육하는 방식이었다면 앞으로는 4IR 기반 기술 중 VR·AR을 활용한 직업훈련 솔루션을 공급하여 직업훈련을 하는 방법을 생각해볼 수 있다. 책과 강의를 통한 전통 교육 방식보다 VR·AR을 이용한 교육이 학습 효과가 2.7배나 높다는 연구 결과가 있는 것으로 알려져 있다. 특히 실습이 필요한 직무·직업훈련 분야에서 VR·AR을 활용하여 보고 만질 수 있는 '실감형' 교육을 도입한다면 큰 효과를 거둘 것으로 전망되고 있다(이재 2019). 건축과 기자재에 투입되는 비용을 공과별 직업훈련 솔루션 개발비용으로 대체하여 직업훈련 사업을

44) 2019년 KOICA 대외무상원조실적 통계 기준 24.3%로 가장 비율이 높음

45) 교육분야 사업 중 직업훈련 관련 사업이 차지하는 비중은 43%로 가장 높음

새롭게 구성해 볼 수 있을 것이다. KOICA 직업훈련 사업의 PMC(Project Management Consultancy)로도 참여하고 있는 한국기술교육대학교의 온라인평생교육원은 2015년부터 2018년까지 기계, 전기·전자, 화학, 건설, 환경·에너지·자원 분야 등에서 가상훈련 콘텐츠 총 65과정을 개발하여 333개의 직업훈련기관에 보급하였으며 지속적으로 신규과정을 개발하고 있다(매일경제 2019). 이러한 실감형 콘텐츠의 장점은 안전사고의 위험성이 있거나, 고비용 또는 체험이 불가능한 상황을 간접 체험함으로써 안전성, 효율성을 확보함과 동시에 공간적, 비용적 제약을 극복할 수 있다. 또한 학습자가 학습내용에 집중하며 체화할 수 있도록 하여 능동적인 학습을 유도해 학습효과를 높일 수 있다.

〈표 IV-3〉 직업훈련 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용

사업구성 요소	구체 내용	비고
거버넌스 개선	TVET(Technical and Vocational Education and Training) 정책개발, 직무능력기반 표준개발, 자격제도컨설팅 등	
건축	직업훈련학교 신축, 증축 등	
기자재	직업훈련교육관련 기자재 등	
전문인력교육	교육시설 운영자, 교사 대상 교육 등	VR·AR 활용
교육프로그램개발	ToT(Transfer of Technology, 기술이전)교육 교재, 학생 교육 교재 등	VR·AR 활용
사업관리 및 모니터링	PM(Project Manager) 파견, PCU(Project Control Unit) 운영, 성과관리, 모니터링	
기타	폴펀드 예산지원 등	

자료: 저자작성

2) 보건의료 – 모자보건 및 의료시설지원 사업

프로젝트/개발컨설팅에서 교육 분야 다음으로 큰 비중을 차지하고 있는 분야가 보건의료 분야이다. 그리고 보건의료분야 사업 중 가장 많이 수행되고 있는 사업⁴⁶⁾이 모자보건 사업과 의료시설지원 사업이다. 표 IV-4에서 보는 바와 같이 두 사업 모두 비슷한 구성요소를 포함하고 있는데 이들 중 가장 중요한 요소는 의료 인력을 교육하는 일이다. 국가 보건의료 시스템이 제대로 갖춰져 있지 않은 개도국에서는 일차보건의료체계의 가장 하위에 있는 보건소의 의료 인력과 지역사회 보건요원의 역량강화가 가장 우선되어야 하기 때문이다. 그렇다면 이들에 대한 교육을 효율적이며 지속가능한 방법으로 수행하기 위해 4IR 혁신기술을 어떻게 활용할 수 있을지 고민할 필요가 있을 것이다.

46) 보건의료 분야 사업 중 모자보건사업과 의료시설지원 사업이 차지하는 비중은 42%로 가장 높음

〈표 IV-4〉 모자보건 및 의료시설지원 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용

사업구성 요소	구체 내용	비고
거버넌스 개선	보건행정 및 관리역량강화, 보건소 운영계획 수립, 지역보건체계구축 등	
건축	병원, 보건소 신축 및 증축 등	
기자재	의료설비, 기기,약품 제공 등	
의료인력 및 지역사회 보건요원 교육	의료시설 운영자, 의사, 간호사, 조산사, 지역보건인력 대상 교육 등	VR·AR 활용, IoT를 통한 원격진료
주민교육 및 지원	보건교육, 인식개선, 영양서비스 제공 등	
사업관리 및 모니터링	PM파견, PCU운영, 성과관리, 모니터링	

자료: 저자작성

VR·AR를 활용하여 교육 대상별로 기초교육, 심화교육, 실무교육 단계에 맞는 모자보건 관련 교육 솔루션을 만들어 도입하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 실제 의료 상황과 유사한 가상현실을 구현한 상태에서 VR 고글을 착용하여 훈련함으로써 개발도상국에서는 얻기 힘든 다양한 임상경험을 대체할 수 있고, 환자에 피해를 끼치거나 위험한 상황에 노출되지 않고 중요한 의료 기술 및 처방 방법을 익힐 수 있다(김수범 2018). 실제로 보건 인프라 및 전문인력 부족의 문제점을 해결하기 위한 방법으로 최근 VR·AR을 활용한 저비용 고효율 훈련방식이 주목을 받고 있다. 표 IV-5은 메디컬 VR·AR을 활용한 의학교육의 사례를 보여주고 있는데 우리나라 또한 분당서울대병원이 의대생 교육에 VR을 활용하고 있음을 알 수 있다.

〈표 IV-5〉 메디컬 VR·AR을 활용한 의학교육 사례

국가	업체/기관	제품/서비스	내용
미국	Zspace	해부학VR	MR로 인체해부구조장기/체계교육
	LA소아병원	AiSolve	VR 시뮬레이션으로 수술과정 재현
	Simbionix	VR 수술실	복강경 트레이닝 등 VR솔루션 제공
	ImmersiveTouch	VR 시뮬레이션	VR 이용 감염관리, 응급상황 수술교육
	Renznick	OSATS	VR 이용한 인체모형 모델링화 교육
	TouchSurgery	VR시뮬레이션	수술과정을 3D이미지와 터치스크린으로 배움
	VirtualGraphics	3D그래픽	HTCVive로 인간 신체 내부 3D로 관찰
	BioDigital	3D의료영상	해부와 질병치료를 위한 신체시각화
	OSSOVR	VR시뮬레이션	시뮬레이션 통해 의료장비사용 교습
	스탠포드대의대	수술시뮬레이션	햅틱, 3D 수술시뮬레이션 환경도입
영국	네브라스카의대	VR의료교육	VR을 이용해 의사와 간호사교육
	킹스칼리지	HapTEL	햅틱, VR 이용해 치과 의사 교육

국가	업체/기관	제품/서비스	내용
프랑스	VisiblePatients	3D모델링	CT, MRI 이용해 3D 환자이미지 생성
	다쏘시스템	3D시뮬레이션	인간의 심장혈관을 VR로 모방수술
스위스	VertaMed	외과시뮬레이터	의료훈련용 고실감 외과수술 이용
일본	Holoeyes	VR인체장치	CT로 스캔한 인체장치 VR모델 축적
	후지쓰	심장뷰어	3D입체VR로 보여주며 심전도 강의
	국제의료복지대	OsiriX	의료용 무료공개 SW3D동영상
한국	분당서울대병원	VR교육시스템	의료진 및 의대생 교육에 VR이용
	네비웍스	의료VR	전문의수술훈련 VR서비스 플랫폼

자료: 전황수 2019, 26

그러나 VR·AR은 여전히 고도로 기술적이며 정교한 도구로 사용자의 수용도를 높이기 위해 사전에 이와 관련한 충분한 지식과 이해가 필요하며, VR·AR 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 표준화, 설치 및 유지 보수에 대한 전문지식, 초기의 높은 투자 비용도 함께 요구된다는 점은 과제로 남아있다.

개도국의 의료인력이 다양한 임상 경험이 없는 경우를 대비한 측면 지원을 위해 IoT를 활용한 텔레메디신(원격의료) 도입을 고려할 수 있을 것이다. 인도네시아의 경우, 의료 인프라 부족 및 의료인력 보완, 도서지역 주민들의 의료접근성 확대를 위해 2039년까지 전자의료기록, 원격진료 등을 통한 E-Health 구현을 목표로 하고 있다(Kotra 2019). 한편, 우리나라 가천대 길병원은 2016년 페루 모자보건 원격 의료 시범사업을 진행하여 페루 모자보건센터에서 부족한 전문과목에 대한 원격협진을 수행하였을 뿐만 아니라, 의료진 간의 원격교육도 이뤄져 원격 의료에 대한 성공 가능성을 제시하고 있다(이현정 2016). 이외에도, 한양대학교 의료원은 브라질의 상파울루대학 산하병원과, 서울성모병원은 상하이 류진병원과 연세의료원은 필리핀대학 종합병원과 원격의료 협약을 맺은 것으로 확인되고 있어(Kotra 2019, 25), 보건분야 개발협력사업에 원격의료 도입 시 우리나라의 의료기관들을 사업수행자로 충분히 활용할 수 있을 것으로 보인다.

3) 공공행정 - 전자정부사업

2019년 실적 기준 공공행정 분야 사업 중 예산 기준 58%를 차지한 사업은 공공부문의 IT 시스템 구축 사업이다. 법령, 치안, 조세, 지리정보, 문화유산, 행정관리, 무역, 지급결제, 지식재산권, 공공조달 등 다양한 공공부문에서 IT 시스템을 구축 사업을 진행하고 있다. 다른 분야와 차별되는 점은 상대적으로 건축이 사업 구성요소를 크게 차지하지 않는다는 점이다.

그러나 정보시스템 개발 및 구축이 주요사업내용이기 때문에 소프트웨어 프로그램 개발을 포함한 기자재의 비중이 큰 몫을 차지하고 있다. 정보 시스템 구축에 있어 해당 업무 수행 과정을 분석하고 이를 효율적으로 수행할 수 있는 최적화된 시스템을 설계하는 것이 가장 중요하다고 할 수 있다. 따라서 기존의 업무 수행 과정을 명확하게 분석함과 동시에 빅데이터, IoT, 클라우드 기술을 활용하여 기존에 업무를 수행하던 시간을 단축하거나 생산성을 높이는 등 개선할 수 있는 방법이 있는지 검토하여 시스템 구축에 적용할 것을 제안한다. 예를 들어, 빅데이터 및 클라우드 서비스 고도화를 통해 부처 간 경계 없이 정보와 지식을 공유하여 통합적인 업무처리 환경을 구축하거나, IoT 데이터를 활용한 분야별 공공서비스 개발을 위해 개방형 IoT 공통 플랫폼 구축하여 최적화된 정보시스템을 설계할 수 있는 환경을 먼저 만드는 것이다. 또한 구축된 정보시스템의 보안 및 투명성을 확보하기 위해 신원확인 및 증명서류 발급이 필요한 업무의 경우 블록체인기술 적용을 고려할 수 있다.

〈표 IV-6〉 전자정부 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용

사업구성 요소	구체 내용	비고
거버넌스 개선	BPR(Business Progress Reengineering) 컨설팅, 마스터플랜, 전략 수립 등	
IT 시스템 구축	정보시스템 개발, 구축 등	빅데이터, IoT, 클라우드, 블록체인 활용
기자재	IT 시스템 관련 장비 제공 등	
전문 인력 교육	시스템 운영자 및 사용자 교육 등	
주민교육 및 지원	최종 사용자 교육 등	
사업관리 및 모니터링	PM파견, PCU운영, 성과관리, 모니터링	

자료: 저자작성

4) 농림수산 - 농촌개발사업

2019년 프로젝트/개발컨설팅의 농림수산 분야의 사업 중 예산액 기준으로 가장 큰 비중을 차지한 사업이 농촌개발사업(42%)인 것으로 나타났다. 기본적으로 농촌개발사업은 표 IV-7과 같은 사업 구성요소를 포함하고 있다. 이중 건축 및 기자재 예산이 가장 많고 그 다음 비중이 높은 요소가 소득증대사업, 소규모 프로젝트사업, 시범사업에 제공하는 예산지원이다. 그리고 이런 사업들의 부분은 수익창출을 목적으로 마을 단위에서 기획하는 곡물, 채소, 과일, 화훼 등의 작물재배와 축산 사업이다.

앞으로 이러한 사업들을 기획할 때 스마트팜 도입을 고려할 수 있을 것이다. 스마트팜의

장점은 생산 환경을 개선하여 작물의 품질과 생산성을 제고할 수 있다는 점이다. 온도, 습도, 토양수분, 풍향, 풍속, 강우, 일사량 등을 측정할 수 있는 센서 및 CCTV, 웹카메라, 녹화장비 등 영상장비를 설치하고 이들이 보내오는 정보를 모니터링하여 미리 입력된 생육정보 데이터베이스와 비교 분석하고 상황에 맞는 제어를 환기, 난방, 차광커튼, 온수/난방수 조절, 모터, 양액기 등 각종 설비에 자동으로 명령하는 정보관리시스템을 구축하여 작물을 재배하는 것이다. 그러나 개발도상국에서 이러한 스마트팜을 구축하기 위해서는 우선 통신, 전력, 관개, 치안 시설이 먼저 갖추어져야 한다. 또한 개발도상국은 온실이 아닌 노지에서의 작물재배가 선호되는 기후조건이기 때문에 노지에 설치할 수 있는 내구성 높은 센서 및 제어 설비 사용으로 인해 초기 설비 투자비용이 더 많이 발생할 수 있음을 고려해야 한다. 그리고 이러한 고가의 설비 투자비용을 회수하기 위해서는 특수 작물을 재배하거나 일정 소득 수준을 가진 개도국을 대상으로 우선 도입하는 것을 고민해야 할 것이다.

한편, 개도국의 부족한 시설환경을 감안하여 부분적으로 4IR 기반 기술 적용을 생각해 볼 수 있다. 처음부터 모든 설비와 센서, 제어 장치, 정보관리시스템을 갖추어 스마트팜을 설계하기 보단, 이미 갖추어진 설비를 스마트팜 용도로 개조하고 센서를 설치하여 이들로부터 정보를 수집·분석하는 간단한 정보시스템 구축을 우선 시행할 수 있을 것이다. 그리고 차후에 자동제어 설비를 설치하여 스마트팜을 최종적으로 구현할 수 있다. 스마트팜 솔루션 업체 인터뷰 결과 실제로 이렇게 단계별 적용이 가능한 것으로 나타났다.⁴⁷⁾

〈표 IV-7〉 농촌개발사업의 사업구성 요소와 구체 내용

사업구성 요소	구체 내용	비고
거버넌스 개선	개발전략, 마스터플랜, 개발계획 수립 등	
건축	교육, 보건, 축산, 도로, 연수원, 농장, 위생시설 건축 등	
기자재	농업관련 기자재, 비료, 종자, 과수, 가축 등	
예산지원	소득증대사업, 소규모 프로젝트사업, 시범사업 등	IoT, 드론, 센서기술, 3D 프린팅
전문인력교육	공무원, 농촌지도자, 의료인, 시설운영자 등	
교육프로그램개발	ToT 교육 교재, 농촌인력 교육교재	
농촌인력교육 및 지원	농업기술, 보건 위생 교육, 생산성 향상 기술 등	
사업관리 및 모니터링	PM파견, PCU운영, 성과관리, 모니터링	
기타	기초조사, 포럼, 워크숍, 협의체 운영, 연구수행 등	

자료 : 저자작성

47) (주) 라온피플 인터뷰, 2020.08.21. 실시, 부록 3. 스마트팜 관계자 인터뷰 참고

스마트팜이 아닌 개별 기술의 도입을 고려한다면, 작물재배의 경우 생산단계에서 드론을 이용한 원격탐사 및 사진촬영을 통해 산지 작황정보를 관측하고 농작물의 질병을 탐지하여 미리 방제를 실시할 수 있다. 축산사업의 경우에는 동물 체내에 센서를 장착하여 취득한 정보를 바탕으로 가축 사양 및 질병관리를 효율적으로 할 수 있다. 또한 소규모 판매농산물 포장재를 개발하는데 3D 프린팅을 사용을 고려해 볼 수 있을 것이다.

5) 기술환경에너지 - 식수 및 수자원관리사업

2019년 실적 기준, 기술환경에너지 분야로 분류된 프로젝트/개발컨설팅 사업에서 예산기준으로 가장 많은 비중을 차지한 사업은 식수 및 수자원 관련 사업으로 기술환경에너지 분야의 약 26%를 차지한다. 표 IV-8의 식수 및 수자원 관련 사업의 구성요소를 살펴보면 다른 분야의 사업과 비슷한 구성을 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나 한 가지 차이점은 타 분야와 다르게 주민 대상 교육이 사업내용에서 큰 부분을 차지하지 않는다는 점이다. 그리고 건축 및 기자재 다음으로 거버넌스 개선에 많은 예산이 투입되고 있다. 제한된 수자원의 효율적이며 통합적인 관리를 위해서는 거버넌스 개선이 무엇보다 중요하기 때문에 당연한 양상이라고 할 수 있다.

최근 기후변화로 인하여 가뭄, 홍수 등 수자원의 계절적, 지역적 수급 불균형이 지속되고 있는 상황에서 현재 저수량 및 향후 강수량 예측치 분석을 통해 효율적인 물 공급 대책을 마련하여 물 부족 문제를 해결하는 것이 무엇보다 중요해지고 있으며, 이를 위해 ICT를 활용한 자동화된 물관리 시스템 구축이 확산되고 있다(박세환 2019). 따라서 지금까지의 사업이 건축 및 기자재를 중심으로 한 수자원 시설 구축이 주를 이뤘다면 향후에는 4IR 기술을 적극 활용한 통합수자원관리 시스템 구축 즉, 스마트 워터 그리드로 초점을 맞출 것을 제안한다. 기존의 수자원 관리 시설들에 센서를 부착하여 IoT 기술로 자동으로 주요 데이터를 수집하여 빅데이터를 만들고 이를 분석하여, 수자원 품질, 오염정도, 유량 및 사용량 등 패턴을 탐지하고 예측하여 통합적 수자원 관리계획을 세울 수 있는 시스템을 구축 지원하는 것이다. 이때 드론을 이용한 영상정보를 같이 활용하여 분석의 질과 예측의 정확성을 높이는 방법도 생각해볼 수 있다. 또한 VR·AR을 이용하여 해당 시설을 3차원으로 시각화함으로써 시설의 문제가 발생했을 경우, 문제 상황 및 위치를 보다 구체적으로 파악하여 적기에 적절한 대응이 이루어지도록 할 수 있을 것이다.

한편, 스마트 물 관리를 적절히 구현하기 위해서는 우선 다양한 수자원 관련 빅데이터 구축이 필요하며, 이를 위해서는 데이터 규제와 관련된 제도개혁과 데이터를 상호 연계할 수 있는

시스템 구축이 선행되어야 한다.

〈표 IV-8〉 식수 및 수자원 관련 사업의 사업구성 요소와 구체 내용

사업구성 요소	구체 내용	비고
거버넌스 개선	통합 수자원 관리계획, 정보화 계획 수립 등	센서기술, 사물 인터넷, 빅데이터, 드론, VR·AR
건축	상수시설, 식수시설, 송수배관, 정수시설, 하수시설 구축 등	
기자재	식수 및 수자원 관련 기자재 제공 등	
전문인력교육	공무원, 시설운영자 등	
사업관리 및 모니터링	PM파견, PCU운영, 성과관리, 모니터링 등	
기타	기초조사, 환경영향평가, 주민교육 등	

자료: 저자작성

3. 사업형태 측면 – CTS 기업 활용

KOICA는 혁신기술을 활용한 개발협력사업을 실시하기 위해 2015년에 혁신적 기술프로그램(Creative Technology Solution, CTS)을 처음 도입하였다. CTS는 예비 창업가와 스타트업 등 혁신적인 기술을 가진 벤처기업들의 아이디어를 활용하여 개발도상국의 사회문제 해결방안을 찾는 프로그램이다. 도입된 이래 지금까지 총 66개의 사업을 지원하였으며 이 사업들 중 21개 사업이 4차 산업혁명 지향 기술을 활용한 사업이다(EY한영 & GDC 컨설팅 2020). 이러한 기술들을 사업에 적극 확대 활용하기 위해 향후 공모 방식을 통해 국별협력사업의 수행기관으로 CTS 지원을 받은 기업을 선정해볼 수 있을 것이다. 또한 국별협력사업의 사업자 선정을 위한 입찰 진행시, 4IR 기반 혁신 기술 활용을 필수 조건으로 제시하거나, 해당 기술 활용을 사업의 구성요소로 제시한 업체에는 가점을 부여하는 방법을 통해 4IR 기반 혁신 기술 적극 활용 및 CTS 사업의 타 사업과의 연계라는 과제를 동시에 달성할 수 있을 것이다.

4. 소결: 사업 분야별 혁신기술 적용 가능성

현재 KOICA의 지원 비중이 가장 큰 국가는 베트남으로 예산 기준으로 전체 사업의 7.5%를 차지하고 있으며, 상위 10개 국가들⁴⁸⁾은 대체적으로 아시아 지역에 해당된다. 또한 KOICA

48) 베트남, 미얀마, 필리핀, 에티오피아, 라오스, 캄보디아, 르완다, 탄자니아, 방글라데시, 우즈베키스탄

사업의 10.6%는 고중소득국을 대상으로 하는데, 이들 국가들도 주로 아시아 지역이다(한국국제협력단 2020). 앞서 살펴본 다수의 기술 역량을 나타내는 지수에 의하면, 아시아 지역의 4IR 혁신기술의 활용은 타 지역에 비해 조금 더 수월할 것으로 예상 가능하다. 지역 내 국가별 편차는 다소 있겠으나, 아시아 지역 기술 수준은 중위권이며 또한 빠른 상승세를 보이고 있다. 일반적으로 소득 수준이 일정 수준 이상일 때 기술을 활용할 수 있는 인프라 혹은 인적자원이 뒷받침 된다는 점을 볼 때, 중위 소득 수준 이상인 국가들을 중심으로 우선적으로 4IR 혁신기술을 활용한 프로젝트 및 개발컨설팅 사업을 시도해 볼 수 있을 것이다.

개발도상국의 인프라 상황에 따라 활용 가능한 기술도 다를 것이며, 기술 적용의 목적은 생산성 향상 등으로 다소 한정적일 것이다. KOICA 개발협력 사업의 특성을 감안할 때 4IR 혁신기술은 기존의 ICT 사업요소들을 포함하여 가상증강현실, 센서 기술이 우선적으로 적용 가능할 것으로 사료된다.

4IR 혁신기술을 활용한 새로운 사업을 발굴하기보다는, 기존의 사업에서 몇 가지 요소들을 4IR 혁신기술로 대체함으로써 위험부담을 다소 줄이면서도 사업 효과성을 높일 수 있을 것이다. 앞서 언급한 분야별 적용 가능한 혁신기술도 이러한 맥락에서 사업요소를 살펴보고 그 안에서 활용 가능한 기술을 제시한 것이다. 일례로 농촌개발사업에는 소득증대사업, 소규모 프로젝트사업, 시범사업 등이 포함되는데, 소득증대사업의 작물재배 및 축산사업의 경우 스마트팜을 도입해 볼 수 있다고 앞서 언급하였다. 빅데이터를 활용한 토양 및 유전자 분석 등을 통해 지역에 필요한 작물을 선정할 수 있으며, 드론을 이용하여 작황정보를 관측하고 농작물의 질병 탐지할 수 있다. 또한 일조량, 습도 등을 감지할 수 있는 센서를 설치하여 데이터를 기록하여 작물의 컨디션을 실시간으로 확인하고 관리함으로써 생산량 증대 및 나아가 소득 증대를 도모할 수 있다. 축산사업의 경우, 센서를 활용하여 취득한 동물 체내 정보를 통해 효과적인 가축 사양 및 질병 관리가 가능하며 폐사율 또한 낮출 수 있다. 물론, 선진국에서 흔히 언급되는 스마트팜과는 거리가 있을 수 있다. 하지만, 기술선진국에서의 스마트팜의 목적은 부족한 인력을 인공지능으로 대체하거나 도시재생 차원의 목적까지도 포함한다면, 개발도상국에서는 생산성 향상을 통한 소득 증대가 가장 우선시되는 목적일 것이다. 그렇다면 인력을 대체할 최첨단 기술의 도입은 다소 시기상조인 셈이다. 따라서 생산성 향상이라는 최우선의 목표를 달성하기 위한 종자개발 및 관리방식 개선 차원에서의 스마트팜 도입은 많은 에너지 및 통신망을 요구하지 않으면서도 주민교육을 통해 시스템 관리가 충분히 가능할 것이다.

농촌개발사업을 하나의 예로 설명하였으나, 타 분야에서도 유사한 접근이 가능할 것이다. 언급한 수준의 기술 도입이 어려운 지역도 있으며, 기존의 사업 방식과는 다른 접근이 필요한 부분도 있을 것이다. 또한 선진국 중심의 4IR 혁신기술의 도입과는 다른 형태로, 주어진 상황에 맞게 변형하여 적용되는 경우도 있을 것이다. 이렇듯 부분적인 접근을 통해 점차적으로 확대해가는 방안부터, 지역의 특성에 부합하는 기술을 활용한 개발협력 사업 발굴은 계속해서 요구될 것이며, 이에 수요에 맞는 적합한 기술 수준과 활용 방법에 대한 지속적인 고민이 필요하다.

앞서 살펴본 바와 같이 KOICA 개발협력 사업에 다양한 기술들의 접목을 예상해볼 수 있을 것이다. 적용 분야 및 활용 방안 등에서 차이는 보일 수 있으나, 주로 언급되는 기술은 빅데이터, 블록체인, 클라우드, IoT, 가상증강현실, 드론, 센서기술, 3D 프린팅 등이다. 한편, 연구 초반에 언급한 것과 같이 현재 한국에서 개발·활용 중인 주요 4IR 혁신기술은 클라우드, 빅데이터, IoT 모바일 등으로 나타났으며, 이외에도 인공지능, 블록체인, 3D 프린팅, 로봇공학 및 가상·증강현실 등이 있었다. 기술의 수준 및 적용 가능 범위에서의 차이는 다소 있겠으나, 현재 한국에서 개발·활용 중인 4IR 혁신기술을 활용하여 개발협력 사업에도 적용 가능한 것이다. 그리고 정부에서도 해당분야의 기술 활성화 및 신시장 개척 등을 적극 지원하는 정책들을 제시하고 있는 바, 관련 기업들⁴⁹⁾을 통해 기술 및 제품의 조달이 가능할 것이다. 아직까지 4IR 혁신기술은 일부 기업들에 의해 선도되고 있으나, 4IR 혁신기술이 보다 보편화되며 수많은 기업들의 경쟁시장으로의 성장은 아주 먼 미래는 아닐 것이다. 개발도상국의 기술 환경은 상대적으로 낙후되어 있거나, 특정 기술이 시장을 형성하는데 많은 어려움이 있어, 국내 기업들이 접근하는데 한계가 있을 수도 있다. 다만, 개발협력 사업은 이러한 어려움을 극복하는데 어느 정도 완충 작용을 할 수 있을 것이다. 또한 4IR 혁신기술의 특성상 국경의 의미가 부재하다면, 개발도상국 역시 새로운 시장으로 봐야할 것이며, 오히려 기회로 작용할 수 있는 가능성을 고려해야 할 것이다. 특히, 아직 기술/제품의 국제 표준이 마련되지 않은 분야일수록 국제개발협력 사업을 통해 해당 기술의 국제 표준 인증 및 구축 등에 선점할 수 있을 것이다.

49) 부록 4. 2017-2019 4차 산업혁명 상 수상 기업 리스트 참고

V. 결론 및 시사점

4차 산업혁명을 앞세워 기술의 진화가 빠르게 진행되고 있다. 아직은 체계적으로 미흡한 부분이 있지만, 새롭게 등장하는 기술은 인간의 삶을 변화시켜가고 있다. 또한 기술 자체의 발전이라기 보다는, 현실과 가상을 연결하고 분야별 경계를 무너뜨리는 특성으로 다양한 파생효과를 발생시키며 사회 전반적으로 영향을 미치고 있다. 이러한 변화는 사회적 유연성이 높은 선진국들을 중심으로 빠르게 확산되며, 기술수준 및 사회적 유연성이 낮은 개발도상국과의 간극을 확대시키고 있다.

개발도상국의 기술 접근성을 향상하고 디지털 간극을 좁히기 위해 4IR 혁신기술을 이전한다는 개념만으로는 한계가 있다. 사회적 시스템이 기술의 활용을 뒷받침해주고 활성화를 위한 지원이 반드시 동반되어야 한다. 따라서 4IR 혁신기술을 활용한 개발협력 사업은 단순히 기술을 지원하는 수준의 사업의 틀에서 벗어나, 모든 분야에서 활용 가능한 기술을 접목하여, 개발도상국의 기술 격차 혹은 디지털 격차를 줄이면서, 기술이 사회시스템 속으로 녹아 들어갈 수 있도록 고민해야 할 것이다. 이런 관점에서 KOICA는 사업에서의 활용, 민간 진출 활성화, 4IR 혁신기술 이니셔티브 및 연구개발센터(공동 R&D) 발굴 등의 다양한 방면에서 노력해야 할 것이다.

개발협력 사업에서의 4IR 혁신기술의 활용은 사업효과성 제고라는 긍정적인 효과를 가져올 수 있다. 또한 선진국의 기술 발전이 리쇼어링 현상을 일으키며 개발도상국으로의 기술 이전을 단절시키고 있는 가운데, 개발협력사업 내 4IR 혁신기술 활용을 통해 개발도상국으로의 기술 스필오버 효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 무엇보다도 개발도상국의 SDGs 달성을 포함하여 포용적이고 지속가능한 발전을 위해서는 4IR 혁신기술에 대한 접근성 향상에 개선이 시급하다. 이러한 맥락에서 KOICA는 4IR 혁신기술을 개발협력 사업에 적극 반영하고 활용하기 위한 방안 모색이 필요하다. 기존의 사업 운영 방식으로는 4IR 혁신기술을 도입하는데 한계가 있을 수 있다. 이에 우선적으로 가능한 방안으로는 CP⁵⁰⁾와의 연계 및 입찰 시 4IR 혁신기술 활용 기업의 참여를 유도하는 방안이 있겠다. 국가별, 지역별 프로그램 및 전략 수립 시 해당 지역의 수요를 기반으로 특정 기술을 사업에 적용하는 방안이 있을 것이다. 또한 사업 입찰 시 4IR 기술을 활용하고 있는 기업의 참여를 유도할 수 있도록 가산점 제도 등도 고민해 볼 수 있을 것이다. 기술

50) KOICA 국가지원계획(Country Plan, CP)으로, KOICA의 최상위 국별 지원 전략의 성격을 가지고 있으며 CP 내 복수의 프로그램을 포함하고 있음

솔루션은 결국 기술 개발자가 기획 단계부터 사업에 함께 참여해야만 가능하다. 따라서 입찰 단계에서 이들을 보다 적극적으로 유인할 수 있는 방안을 모색하는 노력이 필요하다.

사업에서의 기술 활용 외에도, 기술이 개발도상국에 정착되기 위한 환경에 대한 고민도 함께 이루어져야 할 것이다. 우선, 기술이 개발도상국 내에 정착되려면, 지속적으로 활용되고 유지, 관리되어야 한다. 동일한 기술이어도 적용 방법은 무수히 많다. 결국 해당 지역의 특성을 바탕으로 그들에 맞는 적용방법을 발굴하는 것이 핵심일 것이다. 민간의 참여는 이러한 부분에서 큰 역할을 할 수 있다. 민간의 참여는 시장 활성화를 포함하며, 개발도상국의 생태계에 기술이 정착할 수 있는 가능성을 높일 수 있다. 또한 최근 부족한 개발재원을 확대하기 위해 민간의 참여를 확대하고 TOSSD⁵¹⁾ 체제를 도입한 바, 민간과의 협력을 통해 4IR 혁신기술을 활용한 사업발굴도 가능할 것이다.

또한 개발도상국의 디지털 역량, 연구개발 및 혁신클러스터 역량 등 4IR 대응 역량을 강화해야 할 것이다. 이를 위해서는 기존의 ICT 연결 접근성 프로그램을 넘어서는 4IR 혁신기술 접근성 강화 이니셔티브 등을 창설하여 4IR 혁신기술 관련 개발협력 구상을 이끌어 가야 할 것이다. 이 외에도 개도국의 역량 강화를 위한 공동연구개발센터 발굴 등 국가 간 협력을 통해 신기술 개발에 동참하고 개발도상국의 4IR 혁신기술 시장으로의 참여를 확대하는 방안 마련도 필요하다. 향후 이를 바탕으로 기술 표준 구축 등 혁신기술의 개발협력 플랫폼으로써 주도해 나아갈 수 있는 발판을 마련해야 한다. 이를 위해서는 개발도상국의 4IR 기반 혁신기술의 접근성 강화 지원 방안에 대한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

마지막으로 장기적인 관점에서는 효과적인 사업관리를 위해 KOICA 내부적으로 데이터 체계화 및 관리를 위한 축적·저장 시스템이 갖춰져야 할 것이다. 이들 데이터가 제대로 축적되고 관리된다면, 4IR 혁신기술 활용을 위한 빅데이터가 될 것이다. 빅데이터는 결국 그동안의 데이터를 축적 및 저장하고 이를 필요에 따라 취사선택하여 활용하기 위한 것이다. 그러기 위해서는 지금부터의 준비도 다소 늦은 셈이다. 민간에서는 이미 10여 년 전부터의 데이터 축적 및 저장, 관리를 통해 오늘날 빅데이터 기반의 사업이 가능해졌다. KOICA는 아직 사업과 데이터 축적 모두 시작 단계에 있다. 이러한 부분이 개선되어야 향후 개발협력사업이 과거 데이터에 기반한 사업으로 발전할 수 있을 것이다.

51) 지속가능한 개발을 위한 총공적지원(Total Official Support for Sustainable Development, TOSSD)으로, 국가간 자원 흐름 뿐만 아니라 개발을 가능하게 하는 환경 및 글로벌 도전과제 지원 목적의 모든 공적 재원을 포함함

참고문헌

- 과학기술정보통신부. 2019. “4차 산업혁명 대응계획 발표, 그후 4차 산업혁명 어떻게 되고 있나?” 과기부 보도자료, 7.2
- 과학기술정책연구원. 2019. “자율주행기술.” KISTEP 기술동향브리프 2019-16
- 관계부처 합동. 2016. 제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책, 12.27
- _____. 2017. 4차 산업혁명 대응계획, 11월
- https://www.nrf.re.kr/cms/page/main?menu_no=333
- 김석관 외. 2017. “4차 산업혁명의 기술 동향과 산업 파급 전망.” 정책연구 2017-13. 과학기술정책연구원
- 김수범. 2018. “보건산업 4차 산업혁명 시리즈: 메디컬 증강현실(AR)/가상현실(VR) 시장동향 분석.” 보건산업브리프 vol.251. 한국보건산업진흥원(KHIDI)
- 김인철, 조재한, 김한현. 2019. “4차 산업혁명 핵심기술과 기업 활용에 관한 연구.” Issue Paper 2019-462. 세종: 산업연구원
- 김치현. 2019. “제4차 산업혁명 시대 기업의 신기술 적용 동향과 신시장 창출 대응 방안.” 미래성장연구 5: 139-166.
- 김희진. 2018. “개발도상국가의 SDGs 달성 가속화를 위한 블록체인 기술의 쉬운 이해.” 국제개발협력 2018-3: 131-158
- 김희집. 2018. “차기 산업혁명의 가능성과 핵심 니즈 및 기술 탐색: 에너지 산업을 중심으로.” FUTURE HORIZON 37: 16-19
- 교육부. 2020a. “말로만 듣던 4차 산업혁명의 핵심기술은 무엇?” 4차 산업혁명 시대, 미래 교육칼럼#1, 2.17
- <https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=27518090&memberNo=15194331&vType=VERTICAL>
- _____. 2020b. “영화에서만 보았던 미래가 현실로 다가온다!” 4차 산업혁명 시대, 미래 교육칼럼 #2, 2.26
- <https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=27592636&memberNo=15194331>
- 대한민국 정책브리핑. 2020. 혁신성장 (최종수정일: 2020.03.12.)
- <http://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148865240>

- 매일경제. 2019. “한국기술교육대 ‘가상훈련 콘텐츠’ 보급, 4차 산업혁명 선도,” 6.10
<https://www.mk.co.kr/news/society/view/2019/06/401783/>
- 박건원. 2018. 4차 산업혁명 관련 신산업 해외 경쟁력 설문조사 분석. 서울: 대한무역투자진흥공사
- 박세환. 2019. 수자원 관리와 스마트 워터 그리드. 세종: 환경부; 서울: 한국환경산업기술원 (KEITI)
- 박승빈. 2017. 4차 산업혁명 주요 테마 분석. 통계개발원
- 산업통상자원부. 2019. 제7차 산업기술혁신계획, 6월
- 삼정KPMG. 2018a. “스마트 헬스케어의 현재와 미래.” ISSUE MONITOR 제79호
- 삼정KPMG. 2018b. “건설산업의 4차 산업혁명 대응, 어떻게?: 건설산업의 밸류체인 변화.” ISSUE MONITOR 제80호
- 석태문. 2019. 한국 ODA를 통한 베트남 다낭 스마트팜 육성방안. 대구경북연구원. 연구 2019-53
- 손태홍, 이광표. 2019. “미래 건설산업의 디지털 건설기술 활용 전략.” 건설이슈 포커스. 한국건설산업연구원.
- 손혜현. 2018. “중남미 사회 안정화를 위한 블록체인 활용.” 정책연구시리즈 2018-23. 국립외교원 외교안보연구소
- 안기찬. 2018. 4차 산업혁명시대에서의 3D 프린팅 산업 동향과 시사점. 대전: 정보통신기술진흥센터
- 안선주. 2016. “스마트 의료기술 표준기반 R&D 추진전략발표.” 신성장 산업 표준기반 R&D 추진전략 발표회, 4.1
- 오수현, 임한나, 이경선. 2017. 포용적 금융 전략방안 연구. 성남: 한국국제협력단
- 오원섭. 2018. “4차 산업혁명과 건설산업의 미래.” 한국건설신문
- 유지수, 유성훈. 2019. “한국 ICT ODA 현황 진단: 최근 5년간 국제개발협력 종합시행계획 분석.” 정보통신방송정책 31(5): 59-121
- 윤광석. 2018. 4차 산업혁명 시대 정보기술을 활용한 행정서비스 혁신방안 연구. 한국행정연구원
- 윤유리. 2017. “4차 산업혁명과 국제개발협력의 미래.” 개발과 이슈. no. 29.
- 이병윤. 2016. “국내의 자율주행자동차 기술개발 동향과 전망.” 한국통신학회지(정보와통신) 33(4): 10-16
- 이상춘 외. 2016. “드론의 공공임무 활용.” 한국통신학회지(정보와통신) 33(2): 100-106

- 이재. 2019. “AR·VR로 중장비 실습…‘실감형 훈련’으로 기술 전수.” **조선일보**, 10.21
https://news.chosun.com/site/data/html_dir/2019/10/20/2019102000801.html
- 이재원. 2016. “제4차 산업혁명: 주요국의 대응현황을 중심으로.” **[BOK]해외경제 포커스** 2016(32): 0-0
- 이현정. 2016. “길병원, 페루 원격의료 진출 관련 MOU 체결.” **헬스조선**, 10.05
http://health.chosun.com/site/data/html_dir/2016/10/05/2016100501347.html
- 임베디드소프트웨어·시스템산업협회(KESSIA). 2017. “4차 산업혁명 시대를 이끄는 핵심 기술동향.” **KESSIA 이슈리포트**, 11월
- 전향수. 2019. **가상현실의 의료분야 적용동향**. 26. ETRI
- 조계완. 2017. “한국은 왜 ‘4차 산업혁명’이 안 보일까, [미래] 이정동-정재승 ‘미래 토크.’” **한겨레**, 1.23
http://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/779819.html#csidxaf9d7a798369f7b8f900efef9b2cf7e
- 조충제 외. 2017. **아시아 주요국의 4차 산업혁명 추진전략과 협력방안: 중국, 인도, 싱가포르 중심으로**. 세종: 대외경제정책연구원
- 통계청. 2018. **기업활동 조사보고서: 2018년 기준/ 기업활동조사 개요 및 조사결과**
- 한국경제연구원. 2019. “4차 산업혁명 분야 진출 상장사, 전체의 15.2%에 불과.” 7.11.
https://www.keri.org/web/www/news_02?p_p_id=EXT_BBS&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_EXT_BBS_struts_action=%2Fext%2Fbbs%2Fview_message&_EXT_BBS_messageId=355682
- 한국국제협력단. 2020. **2019 KOICA 대외무상원조실적 통계**. 성남:한국국제협력단
- 한주기. 2019. “클라우드 전쟁: 1조달러 클럽을 향한 왕좌의 게임.” **해외투자 2.0 Global Research**. 삼성증권
- EY 한영, GDC 컨설팅. 2020. **KOICA 혁신적개발사업 종합평가 보고서**. 성남:한국국제협력단
- KAIST 문술미래전략대학원·KCERN. 2017. **대한민국의 4차 산업혁명**. (사)창조경제연구회
- Kotra. 2019. **스마트 헬스케어 유망시장 동향 및 진출전략**. KOTRA자료 19-015
- Adhikari, R. 2019. “6 Ways the least developed countries can participate in the Fourth Industrial Revolution.” *World Economic Forum*. 접속일: 2020.05.07.
<https://www.weforum.org/agenda/2019/08/6-ways-least-developed-count>

- ries-can-participate-in-the-4ir
- Ally, M., and Walk, N. 2019. "Learning for Sustainable Development in the Fourth Industrial Revolution," *Pan-Commonwealth Forum*
- Anderson, C. 2012. *Makers: The new industrial revolution*, Random House
- Asghar, S., Rextina, G., Ahmed, T. and Tamimy, M.I. 2020. "The Fourth Industrial Revolution in the developing Nations: Challenges and Road Map," *Research Paper* 102, Geneva: South Centre
- Black, M. 2019. "How can developing countries take advantage of the fourth industrial revolution?" *Geospatial World*, 접속일: 2020.04.27.
<https://www.geospatialworld.net/blogs/how-can-developing-countries-take-advantage-of-the-fourth-industrial-revolution/>
- CISCO. 2019. *Cisco Global Digital Readiness Index 2019*.
- Cordes, F., Stacey, N. 2017. *Is UK Industry Ready for the Fourth Industrial Revolution*, Boston, MA: The Boston Consulting Group
- de Winter, D., Lammers, E., and Noort, M. 2019. *33 SHOWCASES IT4D.nl*, Amsterdam September
- German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development(BMZ). 2016. *Toolkit-Digitalisation in Development Cooperation and International Cooperation in Education, Culture and Media*, June
- Global Shapers Community. 2018. "Trade 2030 & The Fourth Industrial Revolution(4IR)." Paper presented to the 2018 Public forum of the World Trade Organization, Geneva
- Herweijer, C. et al. 2018. "Enabling a sustainable Fourth Industrial Revolution: How G20 countries can create the conditions for emerging technologies to benefit people and the planet." *Economics Discussion Papers* NO. 2018-32
- Manda, M.I. and Dhaou, S.B. 2019. "Responding to the challenges and opportunities in the 4th Industrial revolution in developing countries," *Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance* (ICEGOV2019); Soumaya Ben Dhaou, Lemuria Carter, Mark Gregory (eds.)
- Marwala, T. 2019. "Preparing Africa for the Fourth Industrial Revolution," *WIPO*

- Magazine*. 접속일: 2020.04.27.
- Menon, J. and Fink, A. 2019. "The Fourth Industrial Revolution and Its Implications for Regional Economic Integration in ASEAN." *Journal of Asian Economic Integration* 1(1): 32-47
- Nalubega, T. and Uwizeyimana, D.E. 2019. "Public sector monitoring and evaluation in the Fourth Industrial Revolution: Implications for Africa." *Africa's Public Service Delivery and Performance Review* 7(1), a318
- Ramanathan, N. et al. 2006. "Designing Wireless Sensor Networks as a Shared Resource for Sustainable Development." *International Conference on Information and Communication Technologies and Development*. IEEE
- Rifkin, Jeremy. 2011. *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*. Macmillan
- Portulans Institute. 2019. *Network Readiness Index 2019*. Washington D.C., USA.
- PwC. 2017a. *Fourth Industrial Revolution for the Earth: Harnessing the 4th Industrial Revolution for Sustainable Emerging Cities*
- PwC. 2017b. *Innovation for the Earth: Harnessing technological breakthroughs for people and the planet*
- Schwab, K. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum
- Schwab, K. & Davis, N. 2018. *Shaping the future of the fourth industrial revolution*. Currency
- Stankovic et al. 2020. *Use of 4IR Technologies in Water and Sanitation in Latin America and the Caribbean*. Technical Note No. IDB-TN-190
- UNCTAD. 2018. *TECHNOLOGY AND INNOVATION REPORT 2018: Harnessing Frontier Technologies for Sustainable Development*. Geneva: United Nations
- _____. 2019. *Digital Economy Report 2019*. New York: United Nations
- UN Department of Economic and Social Affairs. 2020. *E-Government Survey 2020*. New York: United Nations
- University of Johannesburg. 2019. *Our Vision for South African Education*
- UNOCHA. 2014. "Unmanned Aerial Vehicles in Humanitarian Response." *OCHA POLICY AND STUDIES SERIES*, June 2014, 010

- World Economic Forum, 2019a, *Health and Healthcare in the Fourth Industrial Revolution*, Geneva: World Economic Forum
- _____. 2019b, *The Global Competitiveness Report 2019*, Geneva: World Economic Forum
- _____. 2020, *Unlocking Technology for the Global Goals*, Geneva: World Economic Forum
- World Economic Forum and the Asian Development Bank(ADB), 2017, *ASEAN 4.0: What does the Fourth Industrial Revolution mean for regional economic integration?* <http://dx.doi.org/10.22617/TCS179126-2>

부록

부록 1. 4차 산업혁명 추진 관련 지표 (기준일: 2019.3월말 / 2018.3월 말)

* 기준일이 다를 경우 별도 표시

구분	지표	조사값		관련 부처/부서
		2018	2019	
1-1. 지능화 기반산업 혁신				
의료	의료기관 간 진료정보 전자교류 참여병원 수	1,306개소	2,316개소	77.3%
	암 유전체 수 (암 유전체 확보 건수)	348건 (*18.5월말)	2,949건 (*19.5월말)	-
제조	스마트 공장 수	5,003개 (누적, *17.12월말)	7,903개 (누적, *18.12월말)	-
	제조로봇 생산액	2조 6,687억 (2016.1~12월)	3조 181억원 (*17.1~12월)	13.1%
이동체	자율주행자동차용 정밀도로지도 구축	1,351km	1,741km	28.9%
	드론 조종자격 취득자 수	5,777명 (2018.3월말)	15,671명 (2018. 12월말)	171.3%
	드론 기체 신고대수 (상업용 또는 12Kg 초과)	4,514개 (2018.3월말)	7,177대 (2018. 12월말)	60.0%
	자율주행자동차 대수	44대	62대	40.9%
에너지	자율차 R&D 전문인력 양성	49명 (2017.12월)	160명 (2018.1~12월)	226.5%
	지능형원격감침시스템	약12만호	15만호	10.4%
	에너지관리시스템(EMS)	420여개소	564개소	34.3%

구분	지표	조시값			관련 부처/부서
		2018	2019	증감률	
금융/물류	인터넷신문은행 계좌 수/가입자 수 (케이뱅크, 카카오뱅크)	계좌수 : 9,188,827개 고객수 : 637.7만명	계좌수 : 15,904,291개 고객수 : 992.8만명	계좌수 : 73.1% 고객수 : 55.7%	금융위원회
	전자금융업 총 매출액	3,80조원(2017년도)	4,44조원(2018년도)	16.8%	금융위원회
	핀테크 업체수	287개(2018년 12월)	301개(2019년 3월)	4.9%	금융위원회
	물류자물운송 로봇 수	5대	6대	20%	국토부
	간편결제 · 간편송금 서비스 이용실적 (일평균)	279만건, 1,032억원 (2017년)	533만건, 2,306억원 (2018년)	건수: 91% 금액: 123.4%	전자지급서비스 이용현황 (한국은행)
농수산업	온라인 쇼핑거래액	91 조3,000억원 (2017년)	111조 8,939억원 (2018년)	22.6%	온라인쇼핑 동향 (통계청)
	해양 로봇 수	10종	10종	-%	해수부
	스마트양식 클러스터 조성	-	1개소 추진 ('19~'21년)	-	해수부
	스마트팜 확산	시설원에 4,010ha	시설원에 4,900ha	22.2%	농식품부
		축산 801호(2017.연말)	축산 1,425호 (2018.연말)	77.9%	
발농업 기계화율(%)		58.3%(2017년도)	60.2%(2018년도)	1.9%p	농식품부
1-2. 사회문제 해결 기반 삶의 질 제고 및 新 성장 촉진					
시티	스마트시티 확산 (스마트시티 통합플랫폼 사업 참여 지자체)	22개	37개	68.2%	국토부
교통	차세대 지능형 교통시스템(C-ITS)	88km	323km	267.0%	국토부
2. 성장동력 기술력 확보					
지능화기술	인공지능 전문기업 수	35개('17.12월말)	44개('18.12월말)	25.7%	과기정통부
	인공지능 오픈 API 이용 수	150만건	1,200만건	700%	과기정통부
	VR/AR 앱 업로드 수	-	7,065건('19. 4월 말)	-	과기정통부

구분	지표	조시값		증감률	관련 부처/부서
		2018	2019		
3. 산업인프라 생태계 조성					
네트워크	인공지능스피커 판매대수	206만대 (통신3사+포털2사)	412.4만대 (통신3사+포털2사)	-	과기정통부
	IoT 기기연결	1,400만개 (2017.12월말)	1,865만 개 (2018.12월말)	33.2%	과기정통부
	가구별 IoT 보유기기	0.69%(2017년)	1.2%(2018년)	73.9%	미디어패널조사 (정보통신정책연구원)
	5G 지원 스마트폰 가입자수	'19년 이후	100만명(2019.6.10.)	-	과기정통부
	10기가 인터넷망 전국 커버리지	'19년 이후	6.86%	-	과기정통부
데이터	빅데이터 기술 및 서비스 이용 여부(이용기업수)	0.90%(33,453개) (2016년)	1.7%(66,727개) (2017년)	0.8%p	정보화통계조사 (과기정통부)
4. 미래사회 변화 대응					
핵심인재	지능화 기술 핵심인재양성	2,124명 (2018.2월말)	7,128명 (2019.2월말, 누적 9,252명)	235.6%	과기정통부

부록 2. 4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한 개발협력사업 발전방안 연구 사례 정리

사업 분야	사업명	관련 기술	사업 내용
기후 변화	TRASE(지속가능한 경제를 위한 투명한 공급 체인 개선)	온라인플랫폼, 디지털 데이터베이스, 데이터 가공, Geodata, Earth Observation	생산에서 소비에 이르기까지 '공간정보'를 활용하여 농산품의 경로를 보여 주는 공급 체인 매핑(Supply chain mapping)을 통해 농산품 생산량을 조절함. 이를 통해 무분별한 열대 산림 벌채를 막아 생태계를 보호하고, 지속가능한 농산품 무역을 실현하고자 함
	REDD+-산림황폐화로 인한 배기가스 줄이기 프로젝트, 중미	GIS, 위성사진, 데이터베이스	숲과 관련된 데이터(나무개체수, CO ₂ 저장소, 숲 재건 활동 등)를 위성 촬영을 통해 수집하여 디지털 환경 지도를 만들어 분석함으로써, 보호 및 관리 필수 구역을 가려내고 숲 재건의 성과도 파악할 수 있음. 기후 보호, 산림 재건의 필요성을 알고 이에 맞는 조치를 취할 수 있게 함
	교외 지역 오프그리드 태양열 에너지 공급, 시하라이남 아프리카	오프그리드, e-payment	오프그리드 태양열 에너지 시스템을 설치함으로써 전력에 접근이 어려웠던 가구에 전력을 공급해주는 사업임. 모바일 결제가 가능케 함으로써 세대는 문자메시지로 매달 소액인 납부액을 결제할 수 있음
식수 및 위생관리	Caddisfly	스마트폰, 디지털 플랫폼, 데이터베이스, GPS	Caddisfly는 간편한 수질 검사 키트를 제공하고 앱을 통해 단계별로 사용자가 수질검사를 실시하고 검사 결과를 확인할 수 있도록 함. 이 결과 정보는 시각화되어 온라인플랫폼과 대시보드를 통해 공유됨. 깨끗한 식수에 대한 접근성을 높이기 위해 고안됨
	방글라데시 수질 관리	IoT(Sensors, meters, 모바일폰)	갠지스 삼각주 수천만 명의 거주민의 식수로 사용되는 지하수가 비소로 오염되었을 위험이 있음. 무선 센서로 얇은 수면의 지하수 화학 물질에 대한 정보를 수집하여 비소의 유동성을 조절함
	물 공급 보호-GIS 기반 토지 등 록시스템 연계, 페루	컴퓨터 기반 통제 및 데이터 취득 시스템(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA), 지리 정보시스템(GIS)	페루, 기후 변화로 인한 물부족 현상 나타남. 컴퓨터에 기반한 SCADA 시스템과 GIS를 상업적/기술적 토지 등기소와 연계하여, 실제 물 소비와 청구된 금액의 차이를 확인하고, 누수 위치를 감지함으로써 물의 효율적인 관리 및 사용을 가능케 함

사업 분야	사업명	관련 기술	사업 내용
농업	Plantwise	디지털플랫폼(knowledge bank, 온라인데이터관리시스템), 텔레리, 소셜미디어	식량안보를 증진하고, 작물 손실로 인한 피해를 줄이기 위한 방안으로 시작됨. 병충해를 입는 등 작물에 이상이 있으면, 농부가 샘플을 가지고 plant clinic에 가 진단과 처방을 받게 됨. 이러한 정보를 식물의사는 테블릿을 사용하여 온라인 데이터베이스에 정리하고 현재만 개 이상의 factsheet를 무료로 공개하고 있음. 사용자는 작물, 해충, 나라나 지역, 기후대 별로 검색하여 활용할 수 있음
	MUIS(시장주도, 사용자 소유의 농업 ICT 정보 서비스)	디지털 가공, 지리정보의 전송 및 저장(지구 관찰), 모바일폰 기술	우간다 소규모 농작인들에게 위성정보를 바탕으로 날씨예보 및 주의, 작물 관리와 농경법에 대한 팁, index based insurance를 제공함. MUIS 서비스 에이전트들은 기술로 가는 인간 접점으로서 농작인들에게 디지털 정보 해석 역량을 기를 수 있게 도와줌. MUIS 정보는 프리시즌(농작물 재배를 위한 준비), 인시즌(날씨, 농작법 조언), 수확시기(수확 저장) 및 각 시기 필요한 활동에 대해 알려줌
	전 세계 병충해 방지를 위한 GartenBank 앱	데이터베이스, 스마트폰, 앱	앱을 통해 병해를 입은 식물의 사진을 찍어 올리면, 즉각 식물병의 원인과 치료방법을 알려줌. 인구는 증가하고 식량은 줄어드는 식량안보위기를 극복할 수 있는 방안으로 고안됨
	인도, CropIn 농작물 관리 앱	빅데이터, IoT, 클라우드 앱	식품 가공 및 농업 투자 대기업 대상 농작물 관리 서비스 제공. 파종 시기 및 씨앗의 종류를 입력하면, 성장 시기 별 정보를 제공하고 수확 시기 전까지의 성장을 추적함
	Farming Solution app	모바일폰기술, 오픈소스 플랫폼, 대시보드	소규모 경작 농부를 대상으로, 앱을 통해 작물과 상황에 기반한 정보, 과학적 연구와 전문성을 바탕으로 한 조언을 오디오-비주얼 포맷을 이용하여 제공함. 농부들이 지속가능한 경작과 관련한 질문지에 답하는 것으로 시작함. 앱의 인터페이스는 나라별, 작물별로 다르게 하여 사용자의 효율적인 인터랙션이 가능하게 함
	가나 농민을 위한 기후 위기 보험	ICT, 데이터베이스	기후 변화로 인해(건조 기후) 피해를 입는 소규모 농부를 보호하기 위한 보험(micro-insurance) 프로그램임. Weather station에서 지역 기후, 비람의 세기, 강수, 기온을 측정하고 12일 연속 비가 내리지 않았을 경우 station 근처 거주 농민에게 보상을 지급하는 방식임
	Kilimo Salama(Safe Farming) micro-insurance project 케냐 소규모 농부 보험 제공	빅데이터	30년간 기온과 작물 트렌드 관련 축적된 big data에 기반하여, 개별 케이스 검토 없이 올해 적절한 보상 플랜을 정함. 이러한 날씨 지표 보험은 비가 평소보다 초과하여 내렸을 경우 자동적으로 보험금 청구를 하게 되어 있음

사업 분야	사업명	관련 기술	사업 내용
보건	CAD4TB 컴퓨터를 이용한 결핵(TB) 감지	진단영상기술, E-health 소프트웨어, 기계학습, 인공지능	영상의학전문의가 부족한 개발도상국에서 소프트웨어를 사용하여 15초 만에 가슴 엑스레이를 분석하고 이상 징후를 감지하며, 결핵 양성(0~100)을 진단하는 기술임. 15개국으로부터 얻은 수천 개의 건강한 사람과 환자의 엑스레이를 바탕으로 기계학습과 인공지능을 통해 진단의 정확도를 높이고, 진단 시간을 줄임으로써 치료가 적시에 이루어지도록 함
	M-TIBA Mobile Health Wallet	모바일 결제와 데이터 교환을 위한 플랫폼, 모바일 지갑, 실시간 정보 대시보드	M-TIBA는 개인 모바일 폰을 기반으로 한 모바일 의료 지갑으로, M-TIBA 플랫폼을 통해 의료보험 혜택을 받고 연계된 병원에 본인과 가족의 진단·치료비를 지불할 수 있음. M-TIBA는 병원의 환자 질병내역 관리를 가능케 하고, 정부로서는 직접, 투명한 방식으로, 모바일지갑에 돈을 지급함으로써 취약 계층에 접근할 수 있다는 강점이 있음. 또한 계속적으로 수집된 디지털 정보를 바탕으로 사용자들에게 진단과 의료 서비스에 대한 실시간 정보를 제공할 수 있음
	디지털 의료 정보 시스템, 방글라데시	오픈소스소프트웨어, 데이터베이스	의료 정보, 기록을 데이터베이스화하여 관리 및 감독, 타부처, 타 프로그램과의 협업을 용이하게 함
무역	우간다 농업(커피) 부문 가치사슬(value chain) 최적화	앱, 스마트폰, 데이터베이스, e-payment(향후)	소농작업인 수확물을 지역 관리인에게 전달하면, 스마트폰으로 바코드를 스캔하여 질과 양을 데이터로 기록함. 커피의 재고를 효율적으로 관리할 수 있게 함으로써, 행정비용을 줄이고 수익을 낼 수 있게 함. 향후 e-지불방식으로 소득을 정상화할 가능성이 열려있음
	코코아 생산의 디지털 등록, 할당, 추적, 시에라리온	추적매핑시스템(TMS), IMS, 앱	코코아 소농작업인들은 국제 시장에 상품을 내놓기까지 많은 중간 상인을 거치면서 이윤을 남기지 못하고 있음. TMS로 농작인, 농장, 코코아 산물의 정량을 입력하고 농작인, 참여 농장, 코코아의 양과 질을 관리하며, 소규모 농작인과 지역코코아무역기업에 상품을 판매할 수 있는 자격을 부여함으로써 이들의 이윤 창출을 목표로 함
교통	지속가능한 대중교통시스템, 탄자니아 다레살렘	클라우드소싱, 앱, GPS, GIS	교통체증 완화를 위해 클라우드소싱을 이용하여 주요 시내 지역을 지도화하고, 앱과 GPS data로 앱 사용자의 동선을 추적함으로써 도시의 주요 교통화랑을 보여주는 것임. 이 정보와 지역, 공공 데이터를 접목하여 복합 교통 모델링을 하고, 이를 바탕으로 필요한 조치를 고안할 수 있게 함. 또한 이 앱은 다양한 수송 수단의 교통 노선을 보여줌으로써 여행자가 최선의 길을 선택할 수 있게 함

사업 분야	사업명	관련 기술	사업 내용
교육	남아메리카 the Future Adapter 프로젝트	인터넷, 3D 프린팅, 스마트폰, QR 코드	남아메리카 전역에 e-literacy를 높이기 위해 실시된 역량강화 프로그램인. 해당 기술을 실습할 수 있는 교육 프로그램으로 흥미를 유도하고 기술 활용도를 높임
	지역 인문인을 위한 혼합 교육 (e-learning+class learning), 우크라이나	e-learning, 오픈소스	러시아와의 분쟁, 개혁과 현대화 과정으로 혼란을 겪고 있는 우크라이나에서 객관적인 시각의 다양한 이슈를 다루는 인문의 역할이 중요해짐. 인문인 의 자질 육성을 위해, Ukrainian Media E-School을 세워 더 많은 인문인 양성을 위해 e-learning을 실시하고, 오픈소스를 통해 시험을 보고 세미나와 강사에 대한 피드백을 수집하는 등 운영하고 있음
	디지털 보안 교육 플랫폼, 우간다	온라인 플랫폼, 앱, 데이터베이스	우간다 대중 언론(라디오 방송국 등)은 정부의 통제 하에 있으며, 감시, 도청 등이 자주 실시됨. 이에, 언론인, 블로거 등 미디어 종사자들의 디지털 보안 역량 강화를 위해 최신 데이터 보안 정보와 툴을 제공할 수 있는 오픈 멘토링 앱을 개발 중
인도적 지원	인도적 정보를 위한 OCHA 센터	기계 학습, 예측분석	Humanitarian Data Exchange(HDX) 플랫폼을 통해 현재 발생하는 인도적 위기와 관련한 데이터셋을 제공함으로써 적시에 효과적인 인도적 지원이 가능하도록 뒷받침함. 단순 디지털 정보 제공이 아닌 위기 예측 및 대응 모델을 개발하여 식량안보, 추방, 질병, 기후 위기를 발생 이전 감지하여 초기 대응하고 취약층을 보호하는 방향으로 개선 논의되고 있음
	510	지리정보, 지구관찰, 오픈데이터, 드론, 실시간 정보 분석	재난 발생 시 구호원들이 빠르고 정확한 정보를 바탕으로 효율적인 결정을 내려 인도적 지원의 속도, 질, 비용대비 효율성을 증진하고자 함. 1) 디지털 리스 크 평가를 통해 재난에 대비하고, 2) 영향력 예측 분석을 통해 조기 경보 및 대응체계를 발동하고, 3) 위급상황 데이터를 통해 재난에 대응하며, 4) 재난의 어느 단계에서나 직접 디지털 지원을 가능하게 함
사회 보장	스마트카드, 말라위	데이터베이스, 데이터 수집 및 관리	취약계층에 사회보장프로그램을 효과적으로, 투명하게 운용하기 위해서 스마트카드로 보조금을 지급하고 소유자의 식별기능정보 및 타 데이터를 저장함. 2달에 1번 복지오피스에 방문하여 체크를 하고, 변동 사항은 데이터로 업데이트 되어 그에 맞게 보장 혜택이 조정됨
	Unconditional Cash Transfers, Pennies from Heaven, 케냐	위성촬영, 크라우드소싱, GPS, GIS, e-payment, 빅데이터	위성촬영을 통해 지붕(밀집/철제)을 보고 현금지원 수혜 가능자를 식별할 수 있으며, 위성사진, GPS 정보를 통해 거주환경 등의 정보를 가지고 지역 공무원이 방문하여 사회보장프로그램에 해당거주자를 등록할 수 있음.

사업 분야	사업명	관련 기술	사업 내용
			E-payment를 사용하여 모바일폰으로 현금을 지급할 수 있으며, 또다시 위성사진을 통해 해당 주민의 지붕 수리유무를 알 수 있음(지원금의 효율적 사용 여부 파악). 이러한 정보들을 취합한 빅데이터를 통해 취약층을 지속적으로 파악하고 지원할 수 있다는 장점이 있음
거버넌스	토지권, 재산권 보장을 위한 투명한 등록 시스템, 온두라스	블록체인	블록체인을 사용하여 토지와 재산에 관련된 모든 계약 관련 사항을 시간 순서로 정리하고, 기록에 변경이 있을 시 모든 관련자에게 고지가 감으로써 공무원의 부패로 인한 일반 시민들의 피해가 없도록 함
	E-Governance, 방글라데시	Information System(IMS) Management	방글라데시 2개 시에서 출생증명서 발급을 디지털 데이터 처리 시스템을 사용하여 전자로 발급하면서 행정의 효율성을 가져옴. 현재 다른 13개 시로 확대하여 운영하고 있음
대출지원	liwwa 요르단 중소기업체 대출 지원	대출관리시스템, 신용분석엔진, OCR 소프트웨어, 온라인렌딩 플랫폼	스마트 디지털 기술을 사용하여 신용을 분석하여 등급을 매기고 이를 바탕으로 중소기업에게 보증이 없어도 가능한 대출 상품을 제공함. 대출 신청서 접수 24-48시간 내에 신속하게 대출이 이뤄짐. 직원이 사업장을 방문하여 주요 정보를 수집하여 입력하고 기존 총족 시 추가 정보를 입력하여 이미 가지고 있는 기존의 사업성과 포트폴리오를 바탕으로 신용분석이 실시됨 (mCAE credit scoring model). 상기 모델은 기계 학습을 통해 지속적으로 정교해지고 있음. 또한 liwwa는 온라인 렌딩 플랫폼을 제공하여 관심있는 투자자들이 온라인 liwwa 계좌를 통하여 직접적으로 재정을 지원할 수 있도록 함
인프라	Project Loon, 인도네시아	모바일 핫스팟	태양열로 조정되는 별론을 띄워서 통신사로부터 신호를 받아 인터넷이 연결 안 된 지역에 전송함

부록 3. 스마트팜 관계자 인터뷰 내용

■ 인터뷰 개요

- 일시 : 2020년 8월 21일 오후 4시 ~6시
- 장소 : 라온피플(주) 회의실
- 참석자
 - KOICA : 윤유리 과장, 고요한 과장
 - 라온피플(주) 관계자

■ 스마트팜 개요

- 스마트팜은 ICT 기술을 원예(스마트온실), 축사(스마트 축사), 과수원(스마트 과수원) 등에 접목하여 인간의 노동력을 최소화(원격·자동화)하고 실시간 데이터 분석 및 예측으로 작물과 가축의 생육환경을 적정하게 유지 및 관리할 수 있는 농장을 의미함. 농산물의 효율적인 생산 및 품질 제고가 가능한 기술이며, 고부가가치를 창출하며 인류 식량위기에 대처할 수 있는 기술로 평가받고 있음. 스마트팜의 특징을 무인화, 지능화, 신사업화로 요약할 수 있음.
 - (무인화) 자율주행 및 자동업무처리능력을 탑재한 무인트랙터, 잡초제거로봇 및 농산물수확로봇, 드론을 활용한 농약살포
 - (지능화) 데이터 분석·예측을 활용한 정밀농업, 작물건강진단, 미래 예측 시스템
 - (신사업화) 맞춤형 작물, 식물공장, 의료농업 등
- 광의의 스마트팜은 생산·유통·소비 등 농식품의 가치사슬에 ICT를 융복합하여 생산의 정밀화, 유통의 지능화, 경영의 선진화 등 상품, 서비스, 공정 혁신 및 새로운 가치를 창출하는 단계로까지 나아감.
- 국내에서는 2004년 정보통신부의 주관으로 시범사업이 실시되었으며, 2010년 농림수산 식품부로 이관, 2015년부터 창조농식품정책관실에서 스마트팜 업무를 일원화하여 관장하고 있음. 국내 스마트팜 시장은 2016년 약 4.2조 규모로 성장하였으며 한국형 스마트팜 플랜트 수출을 추진 중임.
- 그러나 소득 증대 및 생산성 증대에 있어 네덜란드*의 45% 수준으로 연계성이 미흡하며, 스마트팜 핵심기술의 높은 해외의존도, 부품간 호환성 결여로 인한 유지보수, 설비확장 및 효율화에서 어려움을 겪고 있음.

* 전세계적으로 스마트팜이 가장 활성화된 국가

■ 질의응답

[질의] 스마트팜은 기본적인 정보통신 및 에너지 인프라가 전제되어 있을 때 실현 가능한 것으로 사료된다. 개발도상국의 경우 상대적으로 관련 인프라 및 인적역량이 부족한 상황인데, 스마트팜 도입이 가능한가? 또한 개발도상국은 아직 시장이 제대로 형성되지 않았는데, 초기 투자 비용이 큰 스마트팜 기술이 적용 가능한가?

- 식량위기 극복을 위해서는 효율적인 생산 증대 기술이 필요하며, 그 중 하나로 스마트팜을 들 수 있음.
- 정보통신 인프라는 적은 양의 데이터를 사용하는바 고속 인터넷이 반드시 필요하지 않으며, 전파거리가 긴 통신 수단을 통해서도 장거리 제어가 가능함. 오히려 정보통신 인프라 보다 전력이 더욱 시급한 문제로, 이를 보완하기 위해 태양광 발전소 사업도 함께 고민 가능함.
- 얼마 만에 투자비용을 회수할 수 있는가의 문제이며, 고부가가치 특수작물 재배가 하나의 대안이 될 수 있음. 예를 들면 아프리카 고산지대에서도 기후 상 딸기 재배가 가능함.

[질의] 스마트팜은 원거리제어가 가능한가? 결국 통신, 에너지, 물 지원이 선행되어야만 기술 전수가 가능한가? 만약 단계별로 적용이 가능하다면, 무엇이 선행되어야 효율적인가?

- 원거리 제어는 인터넷이 된다면 가능함. 많은 데이터량을 요하지 않는 경우, 예를 들어 센서 데이터만 이용할 경우, 유선 통신으로 충분하며, 가격 측면에서도 더 저렴함. 통신보다는 전력, 에너지, 물, 치안 부분에서 고민이 필요함.
- 텀키방식이 가격 측면에서는 저렴함. 단계적으로 진행 시, 기반 설비 → 센서 → 의사결정 순으로 이루어져야 효율적임. 특히 센서를 통한 일사량, 전해질 등의 측정은 생산성 향상에 크게 영향을 미치는 바, 센서까지만 적용되고 이를 바탕으로 수확 시점을 판단하여 인력이 투입되어도 생산 효율성 증대에 크게 이바지 가능함.

[질의] 일반적으로 개인의 농업 경험에 기대어 작업하는 농업인의 행동변화가 쉽지 않고 거부감이 있을 텐데, 이와 관련된 사례가 있는지?

- 관련 사례가 많으며, 이를 위해서는 실제 보여줘야 함. 스마트팜 도입 후 소출량의 변화량 등 수치로 보여주어야 함. 농사는 3년 주기로 보아야 함. 경운기에서 트랙터로의 변화에서는 첫 해에 드라마틱한 증가량을 보인 경우도 있었음.

[질의] 빅데이터 제어 / 데이터 축적 / 알고리즘 개발 동시에 진행이 가능한 것인가? 작물별 솔루션 개발에 걸리는 기간은 어느 정도 인가?

- AI 훈련은 사람을 교육시키는 것과 동일함. 버섯을 예로 들면, 균사/버섯의 종류 등을 학습시켜야 함. 공통으로 쓰일 수 있는 데이터는 먼저 축적시키고, 작물별 특징 및 생육주기 등을 입력할 수 있음.
- 작물별 솔루션은 작물별 생육기간에 따라 다르며, 전 생애주기 데이터가 필요함. 데이터 수집 기간은 기본적으로 1년으로 볼 수 있음. 생애주기가 1년 이상이어도 년차별 작물 데이터 수집을 통해 1년이면 수집 가능함.

[질의] 개발도상국에서 시설 오작동 발생 시 방지되는 경우가 많은데, 스마트팜 운영 및 유지보수를 위한 교육 방안은 무엇이 있는가?

- 짧은 동영상 교육자료 사용하는 것이 전달력이 높은 것으로 보임. 오작동 시 해당 시스템에 직접 접속하여 제어 가능하며, 간단하게는 콜센터를 통해 해결 가능함.

[질의] 현재 중국 진출을 계속 시도하고 계시는데, 다른 개발도상국도 염두하고 있는지?

- 작년에 처음 론칭하였으며, 계속해서 시도 중임. 개발도상국 중에는 인구 소득 수준, 환경, 시장이 형성이 어느 정도 된 베트남, 태국, 인도네시아, 필리핀 등의 국가가 우선 대상으로 고려 가능할 것임. 또한 생산 단계에서 뿐만 아니라 전체 밸류체인으로 확대해본다면, 작물 수확 후 판매 혹은 가공 단계에 대한 컨설팅 사업도 고려 가능할 것임. 다만, 현재 해외 진출보다는 국내 시장 선점이 우선이며, 딸기, 축산 등 시장을 확대해 나가고자 노력 중.

부록 4. 2017-2019 4차 산업혁명 상 수상 기업 리스트

수상명	기업명	핵심기술
2019		
정보통신산업진흥원장상	라운파플	하드웨어(HW)와 소프트웨어(SW)를 통합한 인공지능 머신비전 토털 솔루션
한국정보통신진흥원장상	한글과컴퓨터	자동통번역서비스 기기 '지니톡고'
한국인터넷진흥원장상	지스	무선 백도어(보안취약점에 접속, 망분리 정책 무력화) 방지 솔루션
정보통신기획지원장상	원더풀플랫폼	인공지능 기반 돌봄서비스 플랫폼, 머신러닝, 챗봇
한국데이터산업진흥원장상	마드라스체크	SNS 방식 협업 소프트웨어(메신저 서비스+모빌리티 업무 환경 최적화)
한국전자통신연구원장상	Agile SoDA(애자일소다)	엔터프라이즈용 인공지능 소프트웨어(솔루션, 알고리즘, 플랫폼), 머신러닝
한국방송통신전파진흥원장상	에어로비전	산업용 드론(태양광 청소에 드론 이용)
창원진흥원장상	비트센싱	완전 자율주행을 위한 레이다 개발
국회 과학기술정보방송통신위원회 위원장상	한국전자통신연구원 (김기영 박사)	비경쟁 분산합의(Nonce Consensus) 알고리즘 개발
국회 4차산업혁명포럼상	핵슬란트	클라우드 기반 블록체인 보안 서비스 '핵슬란트 노드'
정부정보협력의회장상	KST일렉트릭	배터리방식 초소형 전기차(마이브)
한국상공소프트웨어협회장상	나인폴더스	모바일 이메일(최고 안드로이드 앱 100에 선정)
지디넷코리아 대표상	네오사피엔스	인공지능 기반 성우 서비스
	Autonomous a2z	자율주행 솔루션 개발
	영국전자	인공지능 기반 이동물체 추적 임베디드 영상처리 시스템
2018		
과학기술정보통신부장관상	파수닷컴	보안/ Wapsody (웹소디)
정보통신진흥센터장상	한솔인티큐브	인공지능 챗봇, 음성봇 ISAC bot
정부정보협력의회장상	망고슬래브	스마트 점착 메모 프린터 네모닉(nemonic)
국회 4차산업혁명포럼 대표상	지케스	SmartECO-ICBAM 솔루션 (인공지능, IoT, 로봇)
정보통신산업진흥원장상	씨엔티테크	무인 외식 시장 주문결제 발급기 등(인공지능, IoT, 빅데이터)

수상명	기업명	핵심기술
한국상용SW/협회장상	렉스젠	스마트 교통(Meta-Traffic) (인공지능, IoT, 로봇)
지디넷코리아 대표상	지더블유캐드코리아	ex-CAD(현장에서 점검과 임력을 한번에)
한국IT서비스산업협회장상	TG9.AI	미국 아마존 엘릭사에 탑재된 UX/UI솔루션(인공지능, 스마트스피커)
한국정보화진흥원장상	메타빌드	MESIM Smart-IDS 스마트 레이더+영상 인공지능 기반 장단거리 레이저 감지 센서
한국데이터진흥원장상	더큰나눔엔티엔(모토브)	디지털 택시표시등 광고장치(IoT, 빅데이터)
한국인터넷진흥원장상	시스템	MBACS(다중 생체정보 인식 출입통제 시스템) (바이오)
2017		
과학기술정보통신부장관상	㈜위이드	인공지능 튜터(토익튜터 산타토익), 머신러닝
국회 4차산업혁명포럼공동대표상	㈜큐콘	핀테크 API 플랫폼, 비즈니스 정보제공 플랫폼, 정보 수집 및 연계
정보통신산업진흥원장상	㈜이지서티	Identity Shield, 정보보안
지디넷코리아 대표상	㈜셀버스 AI	빅데이터 기반 인공지능(자체개발 예측플랫폼: 셀비 프리디션), 딥러닝
	㈜솔리데오시스템즈	공공기관정보화분야의 ISP/BPR, 유비쿼터스정보화, 시스템 통합, 유지관리
한국상용소프트웨어협회장상	알서포트	원격소프트웨어(리모트미팅)
공로상	카페24	글로벌 전자상거래 플랫폼

연구정보 2020-10-255

4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한
개발협력사업 발전방안 연구

발 행 2020년 10월

발 행 인 이미경

발 행 처 한국국제협력단

편 집 인 ODA연구정보센터

주 소 경기도 성남시 수정구 대왕판교로 825(우: 13449)

전 화 1588-0434

팩 스 031)740-0260

홈페이지 <http://www.koica.go.kr>

인 쇄 (주)명진씨앤피

I S B N 978-89-6469-554-8 93320

[본 보고서의 저작권은 한국국제협력단에 있으며,
한국국제협력단의 허락 없이 무단 전재와 복제를 금합니다.]



4차 산업혁명 기반 혁신기술 활용을 통한
개발협력사업 발전방안 연구

