

SMART CITY 스마트시티 글로벌 저널 2023

TOP

Agenda

Smart City
Global
Journal 2023

디지털 전환과 기후변화 대응을 통한
도시경쟁력 확보



SMART CITY TOP Agenda

CONTENTS

	추천사	4
---	-----	---

	내일을 위한 스마트시티	
--	--------------	--



도시과학 개발: 성장과 혁신, 지속가능성 제프리 B. 웨스트 (Geoffrey B. West)	10
--	----



스마트시티가 미래다: 미래학자의 관점과 시나리오 제이슨 쉐커 (Jason Schenker)	30
--	----



새로운 디지털 도시성을 향해: 지속가능성과 빅데이터의 세계에서 스마트시티의 미래 호세 카를로스 아르날 (José-Carlos Arnal)	48
--	----



사람 중심의 스마트시티 쉬프라 나랑 수리 (Shipra Narang Suri) 폰투스 웨스터버그 (Pontus Westerberg) 손덕환 (Son, Dukhwan)	68
--	----



개도국 도시의 스마트 여정: 세계은행 스마트시티 지원의 주요 시사점 베르니체 판 브롱크호스트 (Bernice Van Bronkhorst) 최나래 (Choi, Narae)	96
---	----



더 나은 도시를 위한 디지털 전환과 기후변화 대응



기반시설 자금조달에서 더 커지는
데이터의 역할:
디지털 트윈, 정보 효율, 블록체인 토큰화
피터 아드리엔스 (Peter Adriaens)

112



스마트시티 운영의 요소들
비제이 자가나단 (Vijay Jagannathan)

136



도시 전략: 지속가능한 모빌리티와
살기 좋은 도시를 위한 지역 디지털 트윈
히에로니무스 크리스티안 보르스트
(Hieronymus Christiaan Borst)

158



도시 경쟁력을 위한
오픈소스와 오픈 스탠더드
울리히 알러 (Ulrich Ahle)

178



한국의 디지털플랫폼정부 추진 방향
고진 (Koh, Jean)

196



대한민국의 스마트시티 실증 연구와 확산 전망

이갑재 (Lee, Kabjae)

206



Eco Delta Smart Village: 물, 에너지, 도시 연계를 위한 최초의 주거 테스트베드 & 그 리빙랩

김진 (Kim, Jin)

김도균 (Kim, Dokyoon)

226



기후위기와 지속가능한 도시

이제승 (Lee, Jaeseung)

242



디지털 전환 이후 미래 2023 스마트시티 동향

이정훈 (Lee, Junghoon)

이재혁 (Lee, Jaehyeok)

256



Smart City Top Agenda Journal은 서로 다른 도시들이 더 지속 가능하고 연결되며 역동적인 삶과 일 그리고 투자의 장소가 되기 위해 미래를 어떻게 형성하고 있는지에 대한 현대적이고도 최첨단의 통찰력을 제공하는 훌륭한 출판물이다.

Smart City Top Agenda Journal is an excellent publication bringing contemporary and state of the art insights into how different cities are shaping their futures to become more sustainable, connected and dynamic places to live, work and invest.

로즈 한센(Roz Hansen)

멜버른대학교 The University of Melbourne 건축 및 도시계획학부 교수

Smart City Top Agenda Journal은 우리가 직면하고 있는 문제의 해결책과 실현 방향에 대한 인문·사회학적 관점과 기술적 논의를 집약한 플랫폼의 역할을 하고 있다. 시민들이 행복한 삶의 장소이자 문명과 문화의 집적체로서 도시의 변함없는 가치를 이해할 수 있는 담론을 펼침으로써 다음 세대를 위한 좋은 도시를 만드는 방법을 우리에게 주시시켜 주고 있다.

Smart City Top Agenda Journal will serve as a platform that presents potential technological solutions to our challenges, as well as discussions from humanities and social sciences. This book sets forth discussions of cities' enduring values and how we can build good cities for future generations - a culmination of civilizations and cultures where citizens live happy lives.

김도년(Kim Donyeon)

성균관대학교 건축학과-글로벌스마트시티융합전공 교수, 전 국가 스마트도시위원회 위원장

일반적으로 말하자면, 오늘날의 도시들은 5G가 보급되기 시작하면서 사물인터넷(IoT)과 인공지능(AI)을 통해 사회 공동체에 새로운 힘을 부여하고 지역의 지속가능한 개발을 촉진할 수 있는 환경이 조성되기 시작하는 티핑 포인트(전환점)에 있습니다. 이것은 스마트시티를 구현하기 위한 새로운 시작으로 어떤 사람들은 이를 지속가능한 도시(sustainable city)라고 부르며, 어떤 사람들은 이를 인지 도시(Cognitive City)라고 표현합니다. 개인적으로 제가 권장하고 싶은 것은 도시 생활에 긍정적인 영향을 미치는 방법에 관한 지침서로서 'Smart City Top Agenda Journal'의 2023년도 책자를 읽음으로써 남들보다 앞서 나가는 것입니다.

Generally speaking, cities are at the tipping point where 5G is going to take off paving the way for IoT and AI to empower communities and boost local sustainable development. It is a new dawn for Smart Cities, some would call it sustainable cities, and others are coining it as Cognitive Cities. Personally, I recommend staying ahead of the curve by reading the Smart City Top Agenda Journal's 2023 book, the lighthouse about the approaches that create a positive impact on urban living.

조르즈 사라이바(Jorge Saraiva)

유럽도시정책연구소네트워크European Network of City Policy Labs 대표

사람이 행복한 도시, 지속 가능한 도시를 조성하기 위한 가장 최신의 기술 정보와 선각자들의 지혜를 발견하게 된다. 매년 새롭게 선보이는 기술과 정책은 우리의 꿈과 상상을 현실로, 지구의 수명을 조금 더 연장하는 데 기여한다.

I find the latest technical information and visionary wisdom to create a city where people are happy, sustainable. New technologies and policies that are introduced every year contribute to extending the life of the Earth a little longer, making our dreams and imaginations a reality.

김갑성(Kim Kabsung)

연세대학교 도시공학과 교수, 전 대통령직속 4차산업혁명위원회 스마트시티 특별위원회 위원장

Smart City Top Agenda Journal은 세계적인 도시 정책 입안자들을 위한 훌륭한 자료로 21세기를 위한 도시의 이미지를 재구상하는 것에 대한 가장 최신의 사고를 제공한다. 참여하는 것은 정말 특권이였다.

Smart City Top Agenda Journal is an excellent resource for global city policymakers, offering the most current thinking on reimagining the city for the 21st century. It has been a real privilege to participate.

마크 와츠(Mark Watts)

C40 도시기후리더십그룹C40, Cities Climate Leadership Group 사무국장

Smart City Top Agenda Journal은 전 세계적으로 진행 중인 스마트시티 관련 이니셔티브를 편집하여 이 분야 및 기타 관련 분야에서 활동하는 전문가들에게 영감을 주는 유일한 원천으로 만든다.

Smart City Top Agenda Journal compiles cutting-edge worldwide on-going smart city related initiatives making it a singular inspiration source for those professionals active in this and other related fields.

루이스 뮈노즈(Luis Muñoz)

칸타브리아대학교University of Cantabria 네트워크계획 및 모바일 커뮤니케이션 연구소 교수

인상적인 범위의 기고가와 풍부하고 매력적인 콘텐츠를 통해, 나는 이 저널을 연결된 장소 기술의 변형 가능성에 관심이 있는 사람이라면 누구에게나 추천할 수 있다.

With an impressive range of contributors and rich, engaging content, I can recommend this journal to anyone interested in the transformative potential of connected place technologies.

니콜라 예이츠(Nicola Yates)

커넥티드 플레이시스 캐터펄트 Connected Places Catapult CEO

국토교통과학기술진흥원(KAIA)은 매년 Smart City Top Agenda Journal에 풍부하고 탐구적인 사고를 하는 소위 '생각하는 리더'들의 아이디어를 담는다. 도시가 지속되어 나아갈 수 있는 가능성을 위해 구현되어야 하는 원칙들을 다시 구상할 목적으로 같은 스마트시티 전문가들과 함께하게 되어 무척 기쁘고 스스로도 부족한 부분을 채울 수 있는 경험이 되었다.

KAIA assembles a rich and explorative range of thought leaders' ideas in each year's Smart City Top Agenda Journal. It was equally thrilling and humbling to join fellow authors in reimagining the principles cities ought to embody in their pathways to sustainability.

지노 반 비긴 & 팀 라자로프(Gino Van Begin & Tim Lazaroff)

자치단체국제환경협의회ICLEI, Local Governments for Sustainability 사무총장

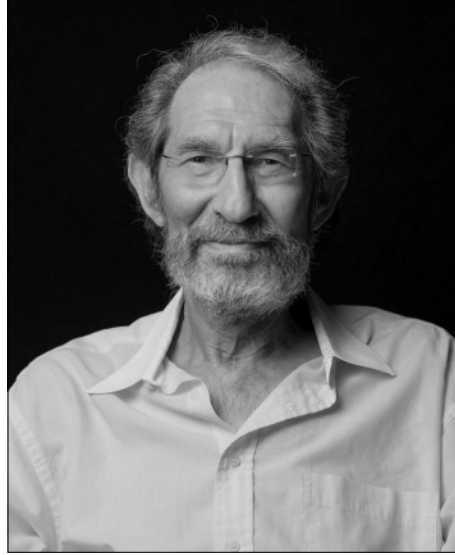
Developing a Science of Cities:

Growth, Innovation and Sustainability

도시과학 개발:
성장과 혁신, 지속가능성

제프리 B. 웨스트

Geoffrey B. West



제프리 B. 웨스트는 샌타페이연구소 [Santa Fe Institute](#) 소장으로 활동한 데 이어 현재 이 연구소의 새년 [Shannan](#) 특훈교수로 재직하고 있다. 그 전에는 옥스퍼드대의 그린-템플턴 칼리지 [Green-Templeton College](#)에서 부연구위원으로 근무하였다. 웨스트 교수는 이론물리학자로 주요 관심은 물리학과 생물학, 사회과학을 아우르는 근본적인 질문이다. 그가 연구에 포함한 분야는 신진대사와 성장, 노화 및 죽음, 수면, 압, 생태계 등이다. 최근에는 도시와 기업의 과학과 혁신, 글로벌 차원의 장기적인 지속가능성을 개발하고 있다. 웨스트는 TED와 다보스 등 주요 행사에서 강연해 왔다. 여러 상을 수상하였고 다수의 활자 매체와 팟캐스트, TV 채널에 소개되었다. 베스트셀러 《스케일: 생물, 도시, 기업의 성장과 죽음에 관한 보편 법칙 [Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies](#)》을 썼다. 2007년에는 타임지의 '세계 100대 영향력 있는 인물'로 선정되었다.

gbw@santafe.edu

● 초록 ●

이 글은 규모 확장 및 네트워크 이론의 관점에서 도시과학을 개발하는 활동의 진전을 되돌아본다. 도시는 혁신과 부의 창출, 권력의 주요 원천인 동시에 범죄와 오염, 질병, 기후변화, 에너지·자원 소비의 주요 원천이기 때문에 체계적이고 계량적이고 예측 가능하며 범위가 지방에서 지구로 확장될 수 있는 도시 이론이 시급하게 요구되고 있다. 도시는 극도로 복잡적이고 다양하지만, 놀라울 정도로 단순한 특징이 있다. 바로 도시의 기반시설과 사회경제적 매트릭스, 즉 임금과 특허, 범죄, 질병, 사회적 연결성, 교통, 전력·수도 시설이 전 세계적으로 규모에 따라 확장되는 추세가 비슷하다는 점이다. 역사와 지리, 문화를 초월하여 통하는 이 ‘보편적인’ 확장 법칙의 기계적인 기원은 도시의 기반시설과 소셜 네트워크라는 기본적인 원리로 설명된다. 이 이론이 예측하는 바는 임금과 특허, 범죄 같은 사회경제적 매트릭스가 초선형적으로 *super-linearly* (도시 규모가 더 클수록 1인당 지표가 더 높게) 확장된다는 것이다. 그에 비하여 도로나 전선 같은 기반시설 매트릭스는 저선형적으로 *sub-linearly* (도시 규모가 더 클수록 1인당 지표는 더 낮게) 확장된다. 이는 체계적인 규모의 경제가 발생한 결과이다. 도시의 사회적 신진대사 비율의 초선형성은 도시의 사회적 네트워크의 긍정적인 피드백 동학에 의해 구동되고, 생활 속도의 가속화와 기하급수적인 비율보다 더 빠르고 끝없는 성장으로 이어진다. 제어되지 않을 경우 이런 추세는 특이점을 넘게 되고, 그 이후 도시는 정체되고 수출되며 결국 붕괴될 것이다. 이런 파국을 피하려면 개입과 재발명, 혁신을 계속 가속화하면서 체계적으로 잇따라 실행해야 한다. 빅데이터와 기계학습, 인공지능의 등장은 이런 주요 도전을 해결하는 작업에 있어서 흥미로운 발전이다. 그러나 진정한 스마트시티의 구현은 이들 기술을 전통적인 접근 및 도시과학이라는 더 큰 개념적인 틀과 융합할 때에만 가능하다고 우리는 주장한다.

키워드

규모 확장, 네트워크 이론, 도시과학, 사회경제적 매트릭스, 도시의 성장

● ABSTRACT ●

In this paper we review progress towards developing a Science of Cities from the perspective of scaling and network theory. Since cities are the primary source of innovation, wealth creation and power, but also the prime source of crime, pollution, disease, climate change, and the consumption of energy and resources, there is an urgent need for a unifying systemic, quantitative, predictive theory of cities that spans scales from the local to the global. Despite their extraordinary complexity and diversity, cities exhibit a surprising simplicity in how their infrastructural and socio-economic metrics scale with size: wages, patents, crime, disease, social connectivity, transport and utilities all scale similarly across the globe. The mechanistic origin of these “universal” scaling laws, which transcend history, geography and culture, is explained, and related to the underlying principles of urban infrastructural and social networks. The theory predicts that socio-economic metrics, such as wages, patents and crime, scale super-linearly (the bigger the city, the more per capita), whereas infrastructural metrics, such as roads and electrical lines, scale sub-linearly (the bigger the city, the less per capita, expressing a systematic economy of scale). Consequently, the super-linearity of a city’s social metabolic rate, driven by positive feedback dynamics of urban social networks, leads to the increasing pace of life and to open-ended, faster than exponential, growth. Left unchecked this leads to a singularity beyond which a city will stagnate, contract, and eventually collapse. To circumvent this requires a continually accelerating systematic succession of interventions, re-inventions or innovations. The advent of big data, machine learning and artificial intelligence is an exciting development in addressing these major challenges. We argue, however, that we will only have truly Smart Cities if they are integrated into and informed by traditional approaches and the bigger conceptual framework of a Science of Cities.

KEYWORDS

Perspective of scaling, Network theory, Science of cities, Socio-economic metrics, Growth of cities

이번 세기가 끝나기 전에 지구상 인간의 절대다수가 도시 환경에서 살게 될 것이다. 또 많은 사람들이 도시 중에서도 전례 없는 크기의 거대 도시에 거주할 것이다. 세계 인구의 기하급수적인 증가세가 지속될 경우, 향후 30~40년 추세를 평균하면 매주 약 150만 명이 도시화되는 셈이다. 이는 두 달마다 서울 수도권 지역 면적만큼 추가되는 정도에 해당한다. 나라로 설명하면 매달 덴마크 규모 또는 매년 독일 규모가 추가되는 것이다! 중국은 최근까지 도시화가 더뎠으나, 도시화에 초고속 기어로 전환하였고, 향후 25년간 인구 100만 명이 넘는 새로운 도시를 200~300개 건설하려고 한다. 중국이 현재 속도를 유지하면 앞으로 20~25년 동안 미국의 전체 도시 인구만큼의 중국인이 도시화할 것이다. 중국 인구의 전례 없는 도시 이주에 더하여 비슷한 과정이 아프리카와 인도에서 발생하고 있다. 그 결과 도시가 맞닥뜨리게 된 도전 과제가 에너지와 소재, 식량, 물 수요의 지속적인 증가이다. 또 사회 조직이 받을 수밖에 없는 스트레스는 19세기 산업혁명으로 인한 엄청난 변화를 훨씬 능가한 규모로 가해지면서 우리 행성의 사회경제적 삶에 존재론적인 위협을 가할 위험이 있다.

더구나 이들 문제를 바로잡아야 하는 데 주어진 시일은 매우 짧다. 아마 수십 년에 불과할 것이다. 문제는 우리가 지금 목격하는 초기하급수적인 성장이라는 특징 자체에 있다. 그래서 임박한 미래가 점점 더 빨리 도래하고, 우리는 너무 늦은 다음에야 새로운 과제에 직면하게 된다. 예를 들어 글로벌 기후변화와 깨끗한 물 확보 가능성, 환경 오염 같은 문제는 생존이 달린 사안은 아닐지 몰라도 정말 중요한 현안으로 인정되고 있다. 그러나 50년 전만 해도 이들 문제는 거의 인식되지 않았다.

이에 비추어 볼 때, 인류의 미래와 우리가 지구에서 개발해온 특별한 사회경제적 삶의 장기 지속은 우리 도시의 운명과 불가분한 관계라고 해도 과장이 아니다. 따라서 우리는 시급하게 도시화 과정, 도시의 역동성과 성장, 진화를 더 깊게 이해해야 한다. 그래야 지속가능한 행성이라는 과제를 실행하는 정책입안자와 실행자들에게 원리에 바탕을 둔 신뢰할 만한 틀을 제공할 수 있다. 지속가능한 행성이란 모든 시민이 높은 품질과 기준의 삶, 의미 있는 삶을 영위할 수 있다는 의미이다.

물론 도시에 대한 이해는 오래된 주제이고 전해진 논의의 기원은 고대 그리스와 중국 문헌, 다른 여러 자료로 거슬러 올라간다. 도시가 무엇이고 어떻게 발생하고 어떻게 가능하며 미래에는 어떻게 될지를

놓고 그동안 개발된 관점과 틀도 다양하다. 현존하는 이론의 거의 전부는 대개 정성적이다. 즉 특정한 도시들이나 도시 그룹에 초점을 맞추었고 이야기와 일화, 직관으로 뒷받침되었다. 기존 이론 중 극히 일부만 체계적이고 물리적인 기반시설 주제와 시민의 사회경제적 동학을 섞어버리는 일반적인 우를 범하지 않는다. 그러나 빅데이터와 스마트시티 비전이 등장하여 새로운 발전이 이루어지면서 상황이 빠르게 변하고 있다. 빅데이터와 스마트시티는 모두 도시 문제를 모두 해결할 만병통치약으로 칭송되고 있다. 물론 이들은 매우 중요하고 강력할 수 있는 기술이지만, 우리에게는 더 많은 것이 필요하다. 우리는 계량적이고 계산 가능하고 예측할 수 있으며 통합된, 전체적인 틀이 필요하다. 그런 틀이어야 모든 규모의 도시를 전통적인 방법론과 새로 개발된 도구를 전부 활용해야만 이해할 수 있다. 그런 입자가 크고 전체 규모가 큰, 그런 그림이 빅데이터와 기계학습, 인공지능 활용에 개념적인 뒷받침을 제공한다. 이들 같이 새로 개발된 도구의 함정은 익히 알려져 있다. 예를 들어 빅데이터 단독으로는 충분하지 않고 빅 이론이 필요하다(웨스트, 2013). 한마디로 우리는 도시과학을 개발할 필요가 있다(Bettencourt & West, 2010; Batty 2013; West, 2017; Lobo et al., 2020; Bettencourt, 2021).

우리는 도시를 주로 물리적인 기반시설 측면에서 생각하는 경향이 있다. 사실 우리가 '도시'라는 단어를 말할 때 흔히 떠오르는 것들은 건물과 시설, 도로교통 시스템이다. 이들 유형물은 건축가와 개발자, 도시경제학자 등의 주요 관심사이기도 하다. 이와 대조적인 관점은 도시를 사회적인 상호작용이 이루어지는 무대 또는 배경 세트, 촉매, 엔진으로 여긴다. 사회적인 네트워크의 창조와 향상, 진화야말로 도시를 인류가 만든 가장 놀라운 기계로 돋보이게 하는 특징이다(Glaeser, 2012). 이들 특징이 도시를 혁신과 기업가정신의 중심이자 부유함을 창조하는 허브로 만든다. 또한 창의적인 개인들을 끌어모으는 자석으로 기능하는데, 그들의 상호작용으로 새로운 아이디어와 혁신, 성장, 변화가 나타난다.

이런 긍정적인 영향에도 불구하고 사회적 역학의 향상은 도시가 부정적인 영향, 즉 범죄와 오염, 빈곤, 질병, 에너지와 자원의 소비, 그에 따라 발생한 앞서 논의된 것과 같은 문제의 기원이 되고 주요 원인이 되기 때문이다. 이런 도시의 어두운 측면은 일반화한 열역학 제2법칙의 불가피한 결과라고 볼 수 있다. 이 법칙은 느슨하게 설명하면, 질서를 만들어내기 위해 에너지가 쓰일 때면 어김없이 일정한 정도의 무질서(엔트로피)도 필연적으로 창조된다는 내용이다. 사회적인 엔트로피의 발생은 피할 수 없다.

사실 도시과학을 개발해온 주요 동기는 행정가와 실행자, 계획가들이 긍정적인 영향과 부정적인 영향의 불가피한 상호관계를 계량적으로 이해하고 부정적인 결과를 최소화하도록 돕는 데 있다.

도시가 처한 여러 문제, 건강과 웰빙, 범죄, 오염, 재정, 개발, 경제 등은 마치 각각이 자율적이고 서로 분리된 것처럼 다루어지고 있다. 물론 문제 전체에 대한 접근은 불가피하게 예산에 의해 제약받기는 하지만, 개별적 접근은 여러 문제에는 통하였지만 다른 많은 문제에서는 의도하지 않은 나쁜 결과를 일으켰다 (Jacobs, 1961). 비록 늘 명확하게 보이지는 않지만, 도시 생활의 모든 측면은 서로 연결되어 있고 서로 관계를 맺는다. 도시가 그 가장 대표적인 사례로 복합적이고 적응적인 시스템이라는 것에 대한 연구에 따르면 그런 시스템을 독립적으로 움직이는 요소들로 분해하는 작업은 단순하다는 결론을 제시하였다. 또 시스템의 한 부분에서 발생한 작은 동요가 다른 곳에서 예기치 못한 결과로 이어질 수 있음을 알려 주었다(Mitchell, 2009; Kempes & West, 2020). 이를 드러낸 극단적인 사례가 코로나19 팬데믹이다. 중국의 한 도시에서 발생한 무작위적인 동요가 확산된 결과는 무엇인가. 많은 결과 중 불과 몇 달간 일어난 것들만 열거하면 스페인의 축구 리그 중단, 미국의 밀가루 부족, 프랑스의 길거리 시위, 미국의 허츠렌터카 부도 등이다. 이들 현상은 코로나19 확산 전에는 서로 관련이 없다고 여겨졌다. 그러나 코로나19가 팬데믹으로 이어지면서 이들 현상은 사실은 ‘정상적인’ 때에도 매우 느슨하게나마 연결되어 있었음이 명확해졌다 (Kempes & West, 2021).

도시가 매우 복잡하고 다양하며 분명히 개별적으로 움직이고 저마다 지속적으로 적응하고 성장하고자 함을 고려할 때, 도시과학의 개발은 불가능하지는 않겠지만 버거운 작업이다. 그럼에도 불구하고 일부 진전이 이루어졌다. 이 글의 남은 부분에서 그 성과 중 일부, 즉 도시가 어떻게 성장하는가 하는 관점에서 연구한 결과를 요약하고 있다. 이는 에너지와 자원, 정보가 교환되는 다수의 물리적·사회적 도시 네트워크 구조의 조직과 역동성을 암묵적으로 반영한다(그림 1 참조).

네트워크 확장 연구 중 큰 부분은 생명과 생태계 같은 살아 있는 시스템을 이해하는 과정에서 거둔 성과로부터 영향을 받았다. 이들 시스템은 도시와 공통점이 많은데, 매우 복잡하고 자신을 유지해야 하고 어마어마하게 많은 구성 요소를 통합해야 하며 구성 요소들은 모든 규모에 걸쳐 효율적으로



그림 1. 물리적-사회적 도시 네트워크의 사례
(A)도로교통 시스템 (B)지하철 시스템 (C)전력망 (D)소셜 네트워크

기능해야 한다는 것이다. 살아 있는 시스템에서 이것은 나뭇가지형 네트워크를 통해 실행된다. 인체의 심혈관 시스템과 호흡 시스템, 신경 시스템이 그런 사례이다(그림 2 참조). 이들 네트워크는 대개 위계적이고 프랙탈 양상(fractal-like)을 띠며 자연선택에서 암묵적으로 나타나는 ‘경쟁적’ 피드백 메커니즘에 의해 지속적으로 최적화된다고 전제된다(West, Brown & Enquist, 1987; Brown et al., 2004; West & Brown, 2005).

이들 네트워크의 포괄적인 특성, 즉 수학적이고 물리적이며 기하학적인 특성은 놀랍도록 단순하고 일반적인 규모 확장 법칙들로 나타난다. 이 법칙들은 생물의 생리학과 생애주기 특징의 거의 전부에 통한다. 또한 포유류든, 어류든, 조류든, 식물이든 간에 다 통한다. 이 법칙들 중 가장 널리 알려졌고 가장 기본적인 것이 신진대사율과 관련한 클라이버의 법칙(Kleiber’s law)이다(신진대사율은 생물이 스스로를 유지하기 위해 하루에 필요로 하는 에너지나 음식의 양이다). 수학적으로 이 양은 지수가 $3/4$ 인 지수함수로 예상된다. 이를 로그 그래프로 나타내면 체중 대비 신진대사율은 기울기가 $3/4$ 인 선분이 된다. 관련 데이터가 이 법칙에 매우 잘 부합함을 그림 3에서 볼 수 있다.



그림 2. 생물 네트워크의 사례들
나무, 인체의 심혈관 시스템, 포유류의 호흡 시스템, 포유류의 뇌

동등하게 중요한 점은 엇비슷한 규모 확장 관계가 거의 모든 생물에서 성장률과 수명에서부터 대동맥 길이, 나무의 높이에서까지 나타난다는 것이다(Calder, 1984; Schmidt-Nielsen, 1984). 지수에는 ‘보편적인’ 특징이 있는데, 모두 1/4의 배수라는 것이다(예를 들어 심장박동은 지수가 -1/4이고, 나무의 높이는 1/4이다). 따라서 생김새가 제각각이고 몸집은 천양지차이지만 모든 포유류는 쥐와 고양이부터 인간, 기린, 고래를 막론하고 대체로 1/4 지수함수 법칙에 따른다. 주목할 가치가 있는 관계가 이 같은 규모 확장 법칙은 체계적인 규모의 경제를 암시한다는 것이다. 다른 동물보다 몸집이 두 배인, 즉 세포가 두 배 많은 동물은 매일 다른 동물보다 두 배의 음식과 에너지가 아니라 약 75%의 음식과 에너지가 필요하다. 두 배라는 예상은 선형적인 외삽법에 따른 순진한 발상이다. 따라서 몸집이 두 배가 될 때마다 에너지 소요량이 약 25% 감소한다.

이런 결과가 드러내는 인상적인 규칙성은 자연선택, 즉 ‘무작위적이고 변덕스러우며 무질서한’ 힘들에

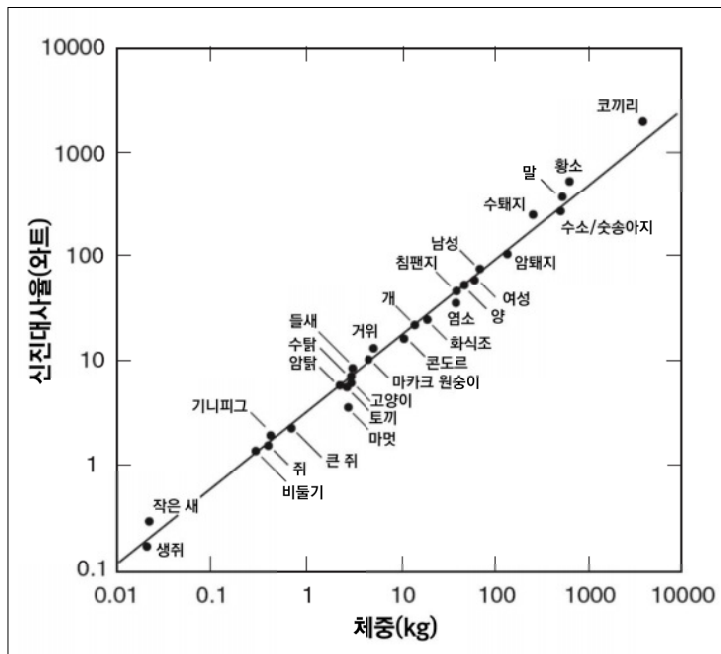


그림 3. 다양한 동물의 체중 대비 신진대사율(와트)을 로그적으로 표시한 결과 이론에서 예측된 바와 같이 선의 기울기가 3/4에 매우 가깝다.

영향을 받으면서 각 생물이 자신의 독특한 환경적인 틈새로 진화한다는 관점에서 보면 매우 놀랍다. 진화 과정의 개별성과 우연성을 고려할 때 이런 자연선택의 결과는 그래프에서 더 무작위적으로 분포되고 관련이 훨씬 덜하리라 예상할 수 있다. 그러나 진화의 동학은 물리 법칙에 의해 제약을 받음이 분명하다.

도시도 비슷한 숨은 규모 확장의 법칙을 따를까? 도시와 관련한 숨은 제약은 무엇일까? 또 무언가가 최적화된다면 그것은 무엇일까? 생물처럼 도시도 경쟁하는 힘에 의해 어느 정도 다양한 자연선택을 거치며 진화해 왔다. 또 도시도 네트워크 시스템으로 기능한다. 따라서 뉴욕과 로스앤젤레스, 시카고, 뉴올리언스, 샌타페이는 저마다 다른 모습을 하고 다른 역사와 지리, 문화를 갖고 있지만 모두 서로에 대해 규모를 달리한 버전에 해당한다.

도시의 다양한 특징을 보여주는 데이터를 포괄적으로 분석해 보면 이를 확인할 수 있다(Kühnert, Helbing, & West, 2006; Bettencourt et al., 2007). 도시의 엄청난 복잡함 아래에는 숨은 단순함이 있다. 도시는 대체로 하나의 버전이 크기를 달리해서 형성된 결과이고, 이는 여러 지표에서 나타난다. 도로와 주유소, 전력망, 수도망, 빌딩 등 기반시설 관련 지표는 물론 임금과 특허, 자산, 매출, 다양성, 범죄, 경찰, 질병 등 사회경제적 지표 역시 인구에 비하여 체계적이고 예측 가능하게 증가한다. 이는 그런 동학과 조직과 구조 아래에 역사와 지리, 문화를 넘어서는 보편적인 법칙이 있음을 시사한다. 몇몇 사례를 담은 그림 4와 그림 5는 인구 기준 도시 규모에 따른 기반시설과 사회경제적 지표를 로그적으로 표시하였다. 그 관계는 도시의 위치 지표와 무관하게 직선으로 나타났다. 이는 규모 확장에 거듭제곱의 법칙이 내재함을 보여준다.

도시의 기반시설 네트워크는 생물체와 생태계의 자원 및 에너지 네트워크를 모방하고, 그 네트워크는 조직을 유지하는 데 필요한 에너지를 최소화한다. 마찬가지로 도시의 다양한 물리적 네트워크, 예컨대 전기나 가스, 상수도 시스템은 에너지와 자원의 손실을 최소로 줄이는 목표에 근사적으로 최적화하도록 진화해 왔다. 마찬가지로 수송 네트워크도 공간 충족적이어야 하는데, 도시의 모든 시민과 건물, 시설에 서비스를 제공해야 한다는 의미에서다. 아울러 도시 규모 확대의 법칙은 저선형 지수함수

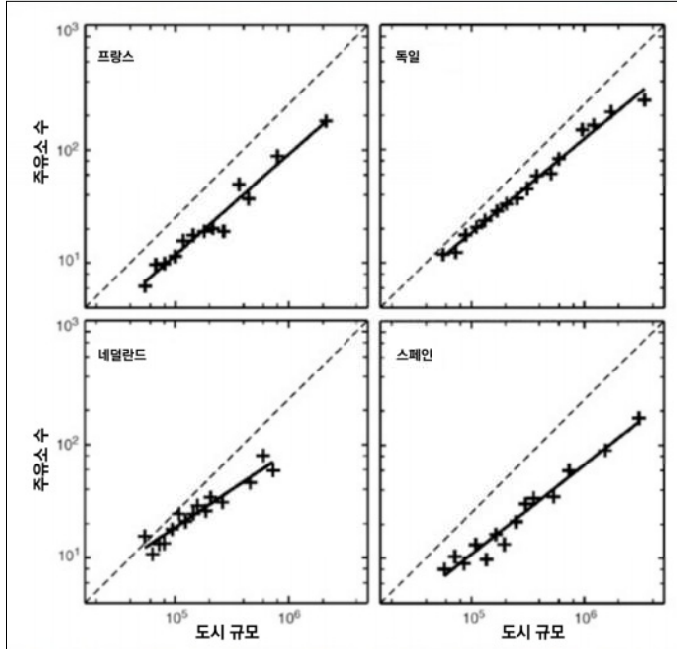


그림 4. 도시 규모 대비 주유소 수의 로그적 표시

모든 지수가 0.85 근처로 수렴된다. 이는 규모의 경제를 나타낸다. 규모 확장의 법칙은 지구상 거의 모든 기반시설에 걸쳐 유효하다.

(지수가 1 미만)로 나타난다. 즉 생물에서 보이는 것처럼 규모의 경제가 이루어진다. 주요 차이는 생물은 0.75인데, 도시는 약 0.85라는 점이다. 이는 그림 4에 표시되었는데, 유럽 4개 국가에 대해 가로축에는 도시 규모를 나타냈고 세로축에는 주유소 수를 로그적으로 나타냈다. 네 그래프의 점들은 모두 기울기 0.85인 선 가까이에 분포한다. 이 규모 법칙은 유럽 전역의 주유소뿐 아니라 지구 전체의 도로와 전력 공급선, 상수도 등 거의 모든 기반시설에 유효하다(데이터가 있는 한). 이처럼 도시의 기반시설은 놀랍도록 체계적인 규모의 경제를 시험한다. 주어진 도시 시스템은 도시 규모가 두 배로 될 때마다 1인당 기반시설을 약 15% 덜 필요로 한다.

앞서 강조한 것처럼 기반시설은 사회적인 상호작용을 가능하게 하고 촉진하는 물리적인 여건을 제공한다. 그리고 사회적 상호작용은 부와 아이디어, 혁신, 성장 창출뿐 아니라 범죄와 질병, 오염 발생의 바탕이 된다. 인간의 사회적 네트워크가 지닌 본질적인 특징은 정보의 교환이고, 도시의 정보 교환은 생산성과 속도, 창의성, 기회의 향상을 뒷받침한다. 도시는 이런 동학을 최적화하는 방향으로

진화해 왔다. 각 상호작용은 이전의 상호작용 위에 이루어지고, 이전의 것을 승수적으로 강화한다. 출발 지점이 높을수록 더 높은 수준으로 오를 수 있다. 부자는 더 부유해지고 가난한 사람은 상대적으로 더 가난해진다. 비록 평균 소득은 높아지지만 말이다. 사회적 네트워크 속 이런 긍정적인 피드백 메커니즘은 임금과 같은 지표의 초선형 규모 확대로, 즉 지수가 1보다 크게 나타난다(Bettencourt, 2013). 사회경제적 특징의 모든 변화는 소셜 네트워크의 구조와 동향에서 비롯되기 때문에 지수는 비슷한 값을 갖게 된다. 데이터에서 확인되는 이런 양상은 그림 5가 보여준다(Schlapfer et al., 2014).

문화적·민족적 차이에도 불구하고 인간 상호작용이 가족과 공동체, 기업 조직으로 구성되는 사회적 네트워크의 구조와 사회적 관계의 형태는 전 세계에서 상당히 동일하다. 그 결과, 도시 지표가 규모 확대에 따라 어떻게 변하는지에는 대략 보편성이 있다. 역사나 지리, 문화와 무관하게 인구 대비 사회경제적 지표는 공통적으로 지수 1.15의 지수함수로 증가한다. 지구 전체에서 지표와 무관하고 체계적으로, 도시가 커질수록 더 혁신적인 ‘사회적 자본’이 만들어진다. 간략한 수치로 말하면 규모의 법칙은 다음과 같다. 만약 도시 규모가 두 배로 되면 인구당 임금과 부, 특히, 국내총생산GDP, 사회적 상호작용, 교육기관, 연구기관은 모두 약 15% 증가한다. 이 놀랍게도 체계적이며 보편적인 현상은 왜 도시가

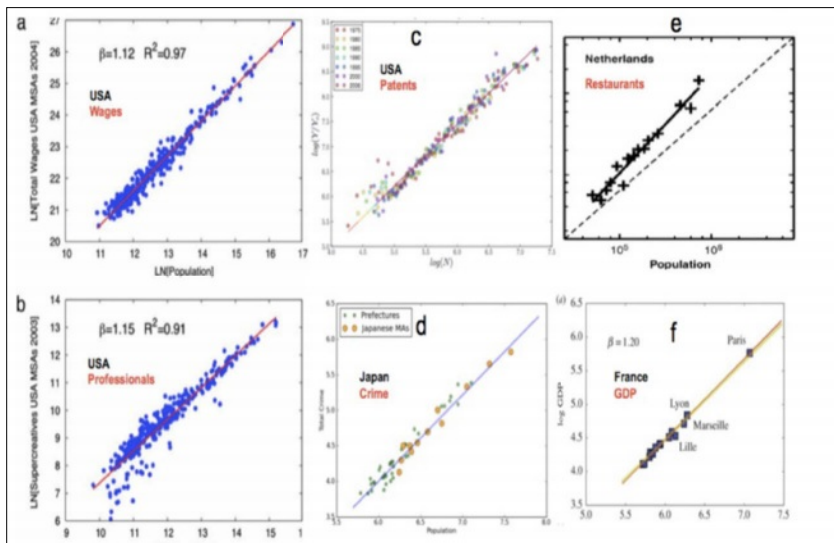


그림 5. 도시 인구 대비 다양한 사회경제적 지표의 로그적 관계
지구 전체에서 지표는 1.15에 가깝게 초선형적으로 분포한다. 이는 규모에 따른 체증의 법칙을 나타낸다.

매력적이고 유혹적이었고 지금도 그러한지를 설명하는 이유이다.

또한 비슷한 정도로 도시 규모가 두 배가 되면 범죄와 오염, 질병도 인구당 15% 증가한다. 왜냐하면 이들 현상 역시 사회적 상호작용에서 파생되기 때문이다. 좋은 것, 나쁜 것, 지저분한 것은 모두 통합되고 예측 가능한 꾸러미로서 함께 온다. 사람들은 더 많은 혁신과 기회, 문화, 고임금, 더 강한 '활동'의 느낌을 기대하며 도시로 이끌리지만, 그들은 동시에 같은 정도의 오염과 범죄, 질병을 경험한다. 관련도가 높은 최근 사례로서 인구 1,000만 명의 도시를 생각해 보자. 그 도시에서는 코로나19 감염자가 인구 10만 명인 도시에 비하여 절반 기간 동안 두 배 많이 발생할 것이다. 그리고 한 달이나 1년이 지나면 차이는 200배로 벌어질 것이다. 인구 규모 100배에서 비롯된 차이이다. 그러므로 팬데믹 네트워크의 기간에는 대도시보다 소도시에 머무는 편이 현명하다. 그러나 '평상시'에는 당신이 더 많은 사회적 관계와 기회, 문화, 부를 원한다면 대도시에 거주하는 편이 훨씬 낫다. 네트워크의 물리학과 수학에 따라 생물 활동의 속도는 규모가 커질수록 제한된다. 생물은 크기가 커지면 시간이 길어지고 속도는 더뎈다. 관련 지표는 규모 법칙의 저선형 지수함수를 따른다. 예컨대 포유류는 몸집이 커질수록 더 오래 살고, 성체가 되기까지 오래 걸리고 심장이 더 천천히 뛰며 세포 활동의 강도는 약하다. 몸집에 따른 변화의 정도는 일정하다. 이와 대조적으로 사회적 네트워크에서 긍정적인 피드백 메커니즘은 규모 확대에 따라 사회경제적 활동의 가속화를 낳는다. 이는 초선형 확대로 나타난다. 도시 규모가 커질수록 생활의 속도는 빨라진다. 질병도 더 급속하게 확산된다. 사업도 더 빠르게 상호작용하고 사람들도 더 빨리 일한다. 이 모든 활동은 15% 법칙에 따라 대략 동일한, 예측 가능한 정도로 증가한다.

일반적으로 신진대사율은 생물이건, 도시건, 기업이건 무관하게 유지(보수와 대체 포함)와 성장 사이에 배분된다. 생물이 성숙한 이후에는 앞서 제시한 3/4 지수의 함수로는 세포의 유지 수요를 충족하지 못한다. 그래서 성장이 멈추고 성숙 단계 몸집으로 안정된다(그림 6 참조). 이 안정성은 몸집이 커짐에 따라 생명 활동의 속도가 느려지는 현상과 함께 이 행성의 장기 지속가능성에 중요한 역할을 한다(West, Brown & Enquist, 2001).

이와 대조적으로 도시 신진대사율(에너지와 소재, 자산, 돈을 포함)의 초선형 확대는 끝없는 초기하급수적

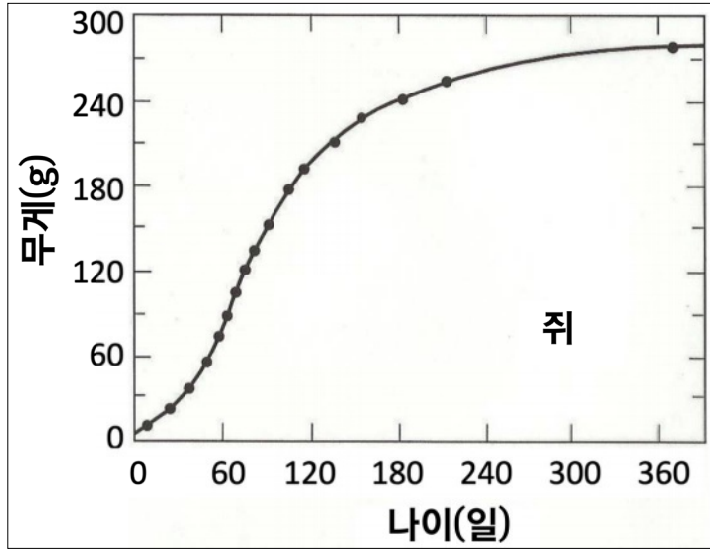


그림 6. 쥐의 성장 곡선
일반적인 S자 곡선을 나타낸다. 이는 한계가 정해진 동물 성장의 특징이다.

성장을 낳는다. 이는 우리가 일반적으로 관찰하는 모습이다(그림 7 참조). 사회적 네트워크 동학 덕분에 나타나는 사회적 신진대사율의 초선형성은 도시에 추가되는 사람과 건물, 도로 등 새로운 구성원의 유지 수요를 증가한다. 이렇게 초과된 부분은 다시 추가 성장과 삶의 수준 향상을 촉진한다. 이와 같은 승수적인 과정이 산업혁명 이후 우리의 사회경제적 삶을 형성하면서 화석연료를 발견하고 활용하였고 자본주의와 자유시장, 기업가정신을 발전시켰다. 이는 좋은 소식이다.

그러나 일부 잠재적으로 나쁜 소식도 있다. 수학적으로 이 이론은 또한 제어되지 않을 경우 초기하급수적 성장은 '유한 시간 특이성'이라고 알려진 결과로 이어진다. 유한 시간 특이성이란 간단히 말하여 GDP나 특허 건수, 범죄 건수 같은 사회경제적 지표가 결국 유한 시간 내에 무한히 커진다는 뜻이다. 이는 그림 8의 왼쪽 그래프로 표현되었다. 그런 상태는 불가능함이 명백하고, 특이성에 도달하기 전에 무언가가 바뀌어야 함을 시사한다. 그렇게 되지 않으면 시스템은 붕괴되거나 최소한 수축될 것이다(그림 8의 오른쪽 그래프 참조).

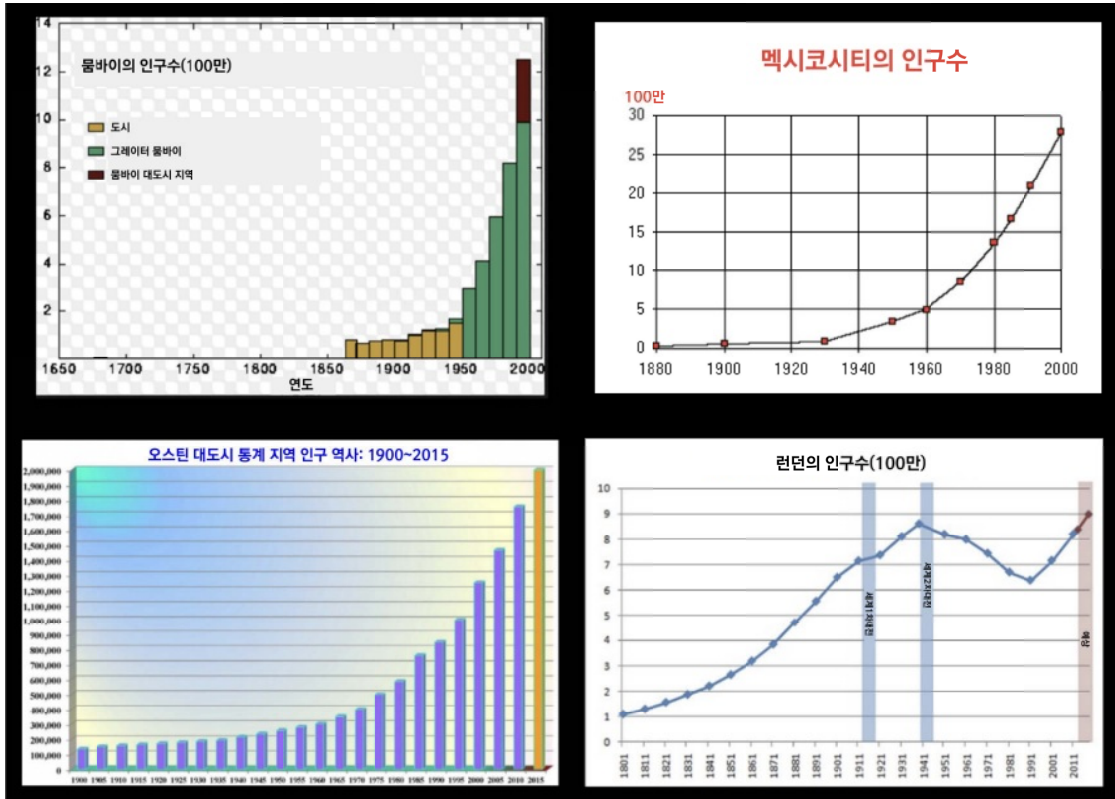


그림 7. 도시의 성장 추세

그런 붕괴를 피하고 지속되고 끝없는 성장을 보장하려면 주요 시스템적 개입이나 혁신, 패러다임의 전환이 있어야 한다. 그런 변화는 시계를 '재설정하여' 다시 시작하는 작업을 효과적으로 수행하도록 한다. 시계를 재설정해서 시스템이 정체와 수축, 나아가 붕괴를 피하도록 하는 국면으로 이행한 다음에는 긍정적인 피드백 과정이 다시 시작되고 초기하급수적인 성장이 재개된다. 그러나 이전처럼 이는 유한 시간 특이점으로 이어지고, 이는 새로운 개입이나 혁신으로 우회되어야만 한다. 전체 과정이 반복되면 잠재적인 붕괴는 인간의 창의성과 문제해결 역량, 지략이 허용하는 한 먼 미래로 늦추어진다. 따라서 끝없는 성장의 지속에는 패러다임을 바꾸는 혁신이나 개입, 재발명의 순환이 요구된다. 이를 그림 9에 나타냈다.

도시는 지금까지는 이 작업을 놀라울 정도로 성공적으로 수행해 왔다. 인류 역사를 넓게 보면 철,

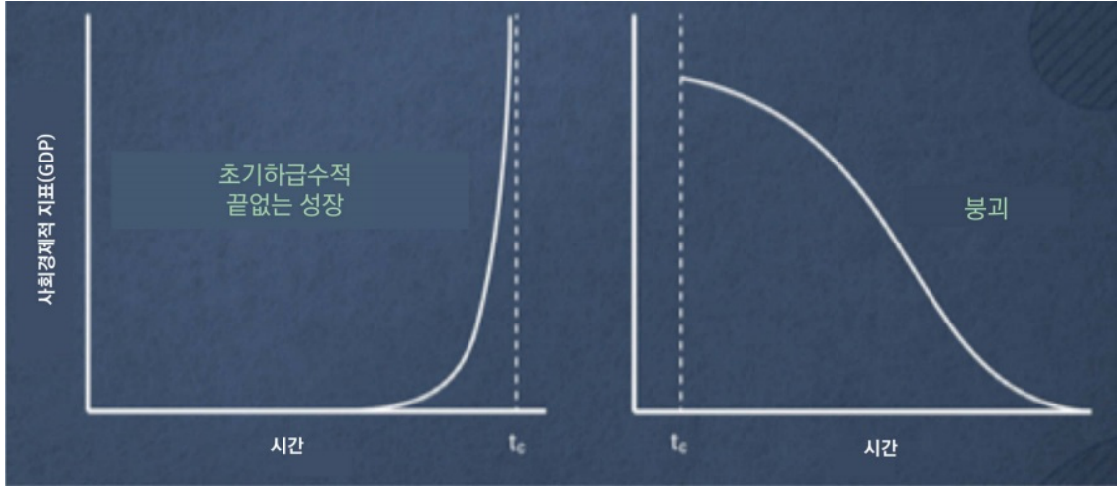


그림 8. 특이점 전과 후

왼쪽 그래프: 초기하급수적인 성장에서 나타나는 사회경제 지표의 변화. 유한한 시간 내에 무한으로 접근한다.
 오른쪽 그래프: 변화나 개입이 없는 경우 특이점 이후 시스템의 붕괴

증기기관, 석탄, 컴퓨터, 디지털 인포메이션 기술 개발 등이 지속적인 성장과 확장의 동력을 제공한 주요 혁신이었다. 이들 기술의 영향력에는 미치지 못하지만 콘크리트, 전화, 자동차, 팩스, 이동전화 등도 거침없는 도시 확장을 가능하게 하였다. 지속적인 산업·경제 사이클과 그와 관련된 혁신의 사이클이라는 개념은 당연하게 여겨지지만, 그들을 뒷받침할 수량적 메커니즘에 대한 이론은 거의 없다. 다만 인류가 충분히 창의적인 한, 우리는 창의적이고 더 큰 혁신을 계속 이룸으로써 압박한 위협을 피할 수 있다고 일반적으로 여기고 있다.

불운하게도 다른 잠재적인 사안이 있다. 이론에 따르면 지속적인 성장을 위해서는 발견이나 개입이 더 빠른 속도로 이루어져야 한다. 즉 한 혁신과 그다음 혁신의 시차는 전에 비하여 체계적으로 단축되어야 한다. 최근의 패러다임 전환을 예로 들면, ‘컴퓨터 시대’에서 ‘정보기술 및 디지털 시대’로의 전환의 시차는 아마도 20년이였다. 그에 비하여 석기에서 청동기, 철기로의 전환에는 수천 년이 걸렸다. 일반화하면 과거의 혁신에 대한 데이터는 이론의 예측을 계량적으로 지지한다. 다음의 중요한 혁신에 이르는 시간은 그 혁신이 무인 주행이든, 스마트시티이든 무관하게 전보다 훨씬 짧을 수밖에 없다. 우리는 이미 새로운 기기나 모델이 등장하는 시차가 점점 짧아지고 도시 생활의 속도가 점점 더

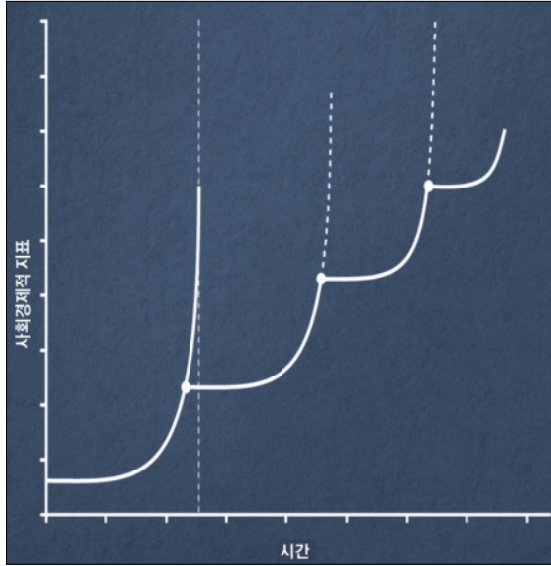


그림 9. 이상적인 초기하급수적인 성장

성장은 잠재적으로 특이점(점선으로 표시)에 이르고 이후 시스템 붕괴로 이어질 수 있으나, 특이점 전에 혁신이나 패러다임 전환이 이루어진다. 이로써 전체 사이클이 다시 시작되도록 시계가 다시 맞추어진다.

빨라지는 데 아주 익숙하다. 그러나 우리 인간의 두뇌는 기본적으로 전과 동일하다. 즉 우리 뇌는 수렵 채집 활동을 하던 과거에 맞추어져 있는데, 당시 삶의 속도와 복잡도는 현재의 매우 복잡한 도시 공동체와 대도시에 비하여 훨씬 단순하였다. 이로 인한 스트레스와 긴장, 걱정은 불가피하고 뚜렷하게 마련이다.

이 문제와 도시와 나아가 이 행성 전체의 장기 지속가능성을 해결하려면 우리가 어떻게 현재에 이르렀는지를 이해하고 그 지식을 미래에 대한 사고와 계획에 반영해야 한다. 더 전체적인 새로운 패러다임이 요구된다. 그 패러다임은 범위를 지역에서 지구 전체로 확장해야 하고 신생 도시과학을 더 전통적인 접근과 통합하며 과학자는 물론 건축가와 도시계획가, 개발자, 경제학자, 실행자, 정치가까지 포함해야 한다. 한마디로 우리는 신뢰할 만하고 체계적이고 계량적이며 예측 가능한 도시와 도시화의 이론이 필요하다. 빅데이터와 기계학습, 인공지능의 등장은 이런 측면에서 엄청 흥분하게 하는 발전이다. 그러나 이들 기술이 도시과학과 같은 더 큰 개념적인 틀 속에 구현되고, 그 틀에 의해 정보를 제공받을 때만 우리는 진정한 스마트시티를 가질 수 있을 것이다.

| Acknowledges |

이 글에 담긴 생각을 발전시키도록 도와준 많은 연구자에게 감사하고 싶다. 특히 제임스 브라운James Brown 과, 브라이언 엔퀴스트Brian Enquist, 루이스 베텐코트Luis Bettencourt, 호세 로보Jose Lobo, 크리스 켐페스Chris Kempes, 혜진 윤Hyejin Youn, 마커스 해밀턴·마커스 슈라퍼Marcus Hamilton and Markus Schlapfer에게 감사한다. 또한 후원해 준 유진·클래어 소 공익신탁Eugene and Clare Thaw Charitable Trust과 CAF 캐나다와 토비 셔넨CAF Canada and Toby Shannan, NSF(보조금 번호, PHY1838420)에 감사한다.

| References |

1. Batty, M. (2013) *The New Science of Cities*, 1st edition, Cambridge, MIT Press
2. Bettencourt, L.M.A., Lobo, J., Helbing, D., Kuhnert, C. & West, G.B. (2007) Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities, *Proc. Nat. Acad. Sc.* 104 (17) 7301–7306
3. Bettencourt, L.M.A. & West, G.B. (2010) A unified theory of urban living, *Nature*, 467, 912 – 913
4. Bettencourt, L.M.A. (2013) The Origins of Scaling in Cities *Science*, 340, 1438 – 1441
5. Bettencourt, L.M.A. (2021) *Introduction to Urban Science: Evidence and Theory of Cities as Complex Systems*, 1st edition, Cambridge, MIT Press
6. Brown, J.H., Gillooly, J.F., Allen, A.P., Savage, V.M. & West, G.B. (2004) Toward a Metabolic Theory of Ecology, *Ecology*, 85(7), 2004, 1771–1789
7. Calder, W. A. (1984) *Size, Function and Life History*, 1st edition, Cambridge: Harvard University Press
8. Glaeser, E. L. (2012) *Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier*, 1st edition, New York, Penguin Press
9. Jacobs, J. (1961) *The Death and Life of Great American Cities*, 1st edition, New York, Random House Press
10. Kempes, C. P. & West, G.B. (2020) The Simplicity and Complexity of Cities, *The Bridge (National Academy of Engineering)* 50, 4, 64-66
11. Kempes, C. P. & West, G.B. (2021) Understanding Cities to Respond to Pandemics, Chapter T-025 in *The Complex Alternative: Complexity Scientists on the COVID-19 Pandemic* (eds. Krakauer, D. C. & West, G.B.), 1st edition, Santa Fe, SFI Press
12. Kühnert, C., Helbing, D., & West, G. B. (2006). Scaling laws in urban supply networks. *Physica A* 363, 96–103
13. Lobo, J. et al. (2020) *Urban Science: Integrated Theory from the First Cities to Sustainable Metropolises*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3526940>

14. Mitchell, M. (2009). *Complexity: A Guided Tour*, 1st edition, Oxford, UK: Oxford University Press
15. Schlapfer, M., Bettencourt, L.M.A., Grauwin, S., Raschke, S., Claxton, R., Smoreda, Z., West, G.B. & Ratti, C. (2014) The scaling of human interactions with city size, *J. R. Soc. Interface* 11: 20130789
16. Schmidt-Nielsen, K. (1984) *Why is Animal Size So Important?* 1st edition, Cambridge: Cambridge University Press
17. West, G.B., Brown, J. H. & Enquist, B. E. (1987) A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology, *Science* 284, 122-126
18. West, G.B., Brown, J. H. & Enquist, B. E. (2001) A general model for ontogenetic growth, *Nature* 413, 628-631
19. West, G.B., Brown, J. H. (2005) The origin of allometric scaling laws in biology from genomes to ecosystems: towards a quantitative unifying theory of biological structure and organization, *J. Exp. Biology* 208, 1575-1592
20. West, G.B. (2013) Big Data Needs a Big Theory to Go with It *Scientific American* 308, 5, 14; <http://dx.doi:10.1038/scientificamerican0513-14>
21. West, G.B. (2017) *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*, 1st edition, New York, Penguin Press

Smart Cities are the Future:

**Futurist Perspectives
and Scenarios**

**스마트시티가 미래다:
미래학자의 관점과 시나리오**

제이슨 쉰커

Jason Schenker



제이슨 쉰커 Jason Schenker는 미래학자이자 경제학자로, 프레스티지 이코노믹스 Prestige Economics와 퓨처리스트 인스티튜트 Futurist Institute의 회장이다. 《코로나 이후의 세계》, 《금융의 미래》, 《로봇 시대 일자리의 미래》 등 경제와 금융, 신기술의 관점에서 미래를 내다보는 책 36권을 저술하였다. 그는 블룸버그 뉴스 평가에서 2011년 이래 산업용 금속 가격과 유가, 유로, 미국 일자리 등 26개 범주에서 세계 1위 예측가에 올랐다. 협상과 응용경제학, 독문학에서 석사 학위를 취득하였고, 현재 미국 텍사스 오스틴에 거주하고 있다.

chairman@futuristinstitute.org

● 초록 ●

이 글은 스마트시티를 주도하는 가장 중요한 기초를 제시한다. 또한 스마트시티의 목적과 기회를 논의하는데, 여기에는 사회 질서와 경제 안정을 보장하기 위한 풍요를 형성하는 일이 무엇보다 급선무라는 논의가 포함된다. 스마트시티 개발의 성공에 필요한 요소는 미래적인 접근과 끈기, 마음의 유연성이다. 코로나19 팬데믹 기간 동안 원격 기술의 채택이 빨라졌는데, 이는 스마트시티의 결정적인 전 단계이자 스마트시티가 성공하기 위한 가장 중요한 기술적 기둥이다. 이 글은 아울러 미래 스마트시티에 결정적인 기술이 될 만한 신기술들을 평가한다. 이어 미래 스마트시티 개발을 가속화할 주요 기회와 지원을 드러내기 위해 네 가지 미래 시나리오를 제시한다. 네 가지 시나리오는 정체와 지속, 반동, 가속적 변화이다. 이 글은 이들 시나리오를 각각 정의하고 그에 필요한 믿음을 공유하며 각각의 가능성을 진단한다. 이 분석을 통해 스마트시티 개발을 가속화할 수단을 드러낸다. 마지막으로 한국이 어떻게 스마트시티 개발을 가속화할지, 어떻게 앞선 스마트시티 기술을 개발하여 수출함으로써 혜택을 볼 수 있을지 논의한다.

키워드

스마트시티, 기술, 한국, 에너지, 전략

● ABSTRACT ●

In this article, Chairman of The Futurist Institute Jason Schenker lays out the most important fundamentals driving the case for smart cities. He discussed the goals and opportunities for smart cities, including the top priority of fostering perceived abundance to ensure social order and economic stability. Mr. Schenker describes how successful smart city development will require a futurist approach, tenacity, and flexibility of mind. He also evaluates the accelerated adoption of remote life technologies during COVID-19 as a critical precursor of smart cities as well as the most crucial technological pillars of success for smart cities. He also evaluated emerging technologies that will be critical for future smart cities. Mr. Schenker presents four futurist scenarios to reveal key levers of opportunity and support that can accelerate future smart city development. The four scenarios include stagnation, continuation, reversal, and parabolic shift. Mr. Schenker defines these scenarios, shares the beliefs required for each of them, and assesses their plausibility. Using these analyses, Mr. Schenker reveals levers that could accelerate smart city development. Finally, Mr. Schenker includes a discussion of how the Republic of Korea can accelerate its smart city development and how Korea can benefit from developing and exporting winning smart city technologies.

KEYWORDS

Smart Cities, Technology, Korea, Energy, Strategy

시작하며

스마트시티는 미래의 도시이다. 스마트시티는 세상에 점점 더 제약과 도전이 늘어나는 가운데, 특히 도시 생활을 더 살 만하게 만들어주는 기술을 구현하고 통합한다. 스마트시티가 주는 기회와 혜택은 엄청나지만, 그런 도시로 되기 위한 요구 사항은 적지 않다. 스마트시티로의 발전·채택 속도는 이해관계자의 투자와 지원, 긴급성 정도에 좌우될 것이다.

스마트시티의 근거

세계 인구는 2050년까지 약 20억 명 증가할 것이고, 도시 인구도 그 정도이거나 또는 그보다 더 많이 늘어날 것이다. 도시의 미래는 스마트시티, 즉 데이터와 기술을 활용하여 편리하고 거주하기 좋고 일하기 적합할 뿐만 아니라 안전하며, 가장 중요하게는 자원이 풍부하게 보장되는 스마트시티로 구성될 것이다. 그런 가운데 우리가 도시 생활의 미래에 접근하는 데에는 제한된 자원이라는 루소적인 경제 현실과 제2의 냉전이 낳은 분배적 행동, 지속가능성이라는 당위의 중요성이 어마어마한 역할을 할 것이다.

향후 10년 우리가 처한 큰 질문은 디지털 격차를 충분히 빠르게 좁힐 수 있을까이다. 그 경우 풍요와 편리의 바람직한 미래가 결실을 맺을 것이고, 그렇지 않을 경우 디스토피아적인 위험이 극복하기 어려울 정도로 커질 것이다. 우리는 그런 미래에 도달할 수 있지만, 그러려면 미래적인 접근과 끈기, 마음의 유연성이 요구된다.

스마트시티의 목적

인구 변동이 운명이라면 향후 도시 생활의 과제는 명백하다. 간단히 말하여 세계 인구가 더 증가하고 인구 중심지의 밀도가 그 어느 때보다 더 높아지면 자원의 제약이 점점 더 중요한 과제가 된다. 자원

부족과 제약은 향후 경제와 기업활동, 사회 안정에 점증하는 위협으로 계속 작용할 가능성이 높다. 따라서 스마트시티의 목적은 그런 위협과 위협을 효과적으로 완화하는 것이다.

스마트시티를 고려할 때, 우리는 몇몇 필수적인 요소와 우선순위를 고려한다. 스마트시티 기술을 계획하고 관찰하는 사람들은 스마트시티의 미래를 위해 일부 주요 기본적인 요소에 초점을 맞추는 경향이 있다. 즉 편리함과 거주하고 일하기에 적합함, 안전 등을 포함한다. 간단히 말하여 이런 중요한 인간의 욕구를 스마트시티는 충족해야만 한다. 현대 사회의 특징이 바로 편리함과 거주하기에 즐겁고 안전하며, 가능한 한 일하기 쉽고 편리해야 하기 때문이다. 이것들은 스마트시티를 주장하는 지지자들이 가장 자주 언급하는 목적이기는 하지만, 최우선 순위에 두어야 할 것은 풍요이다.

에너지와 음식, 수자원에 대한 세계 수요가 점점 더 증가함에 따라 공급 부족과 관련된 위협을 제거하는 기술을 사용하는 것이 필수가 될 것이다. 사회 질서는 종종 대다수 사람이 바로 인정하는 정도보다 훨씬 좁은 균형 위에서 작동하고, 그래서 부족함이 없도록 하는 일이 중요하다. 또한 이는 스마트시티가 사회 질서와 안정을 유지하는 결정적인 지렛대가 될 수 있는 이유가 된다. 즉 스마트시티는 천연자원의 수요와 공급의 잠재적인 불균형이 발생할 수 있는 세계적 현실과 무관하게 기술을 활용하여 풍요를 조성할 수 있다.

대다수 사람이 물과 음식, 전력, 연료를 제공하는 데 필요한 공학과 물리학, 화학, 공급망을 이해하려면 남의 도움을 받아야 한다. 사실 다양한 영역의 시스템을 이해할 필요는 없다. 하지만 안정성과 지속성을 가능하게 하는 시스템과 기반시설, 제도에 대한 신뢰가 있어야 한다. 미래의 빠듯해지는 공급과 증가하는 수요 사이를 잇는 기술적인 교량이 됨으로써 스마트시티는 사회 질서를 유지하고 번영을 보장하는 핵심 기술의 장소가 될 수 있다. 그럼으로써 점점 커지는 도심의 거주민이 심리학자 매슬로우Maslow의 욕구 단계(인간은 5가지 욕구를 만족하려고 하되 우선순위에 있어 가장 기초적인 욕구부터 만족하려 한다. 인간 욕구의 첫째는 생리적 욕구, 둘째는 안전 욕구, 셋째는 소속과 애정의 욕구, 넷째는 존경의 욕구, 다섯째는 자아실현의 욕구) 중 생리적 욕구를 채우는 데 급급한 바닥 상태에 집단으로 빠지지 않게끔 할 수 있다.

스마트시티의 기회

기술을 통해 오늘날 도시 생활을 개선할 기회는 많이 있고, 미래에는 도시 생활을 향상시켜 스마트시티를 가능하게 할 기술이 훨씬 많을 것이다. 최근 코로나19 팬데믹 기간에 대대적으로 점점 더 빠르게 채택된 원격 생활 기술은 스마트시티의 외연을 확장하는 진격의 포문을 열어젖혔다. 방역을 위해 격리하고 있는 사람들은 온라인에 접속하고 원격 앱과 기술을 활용하여 일상생활을 확장하였다. 코로나19 기간에 점점 더 부각된 기술은 원격 근무와 온라인 교육, 전자상거래, 원격 의료였다. 이들은 모두 다년간 존재해 왔고 점차 더 많이 채택되어 왔지만 코로나19의 압력을 받으면서 더 탄력을 받았다. 더 멀리 내다보았을 때 기존 기술과 신기술, 미래 기술을 융합하면 도시 기반시설과 천연자원에 가해지는 압력을 일부 해소할 것이다.

원격 근무는 코로나19 팬데믹 기간 동안 아주 크게 파급된 원격 생활 방식이었다. 코로나19가 발생하기 오래전부터 원격 근무는 영업직과 컨설턴트, 경영진에게 필요한 근무 방식이었다. 원격 근무는 이처럼 ‘길 위의 전사들’에게 흔한 방식이었지만, 불박이 화이트칼라 근무자들 전반에 대한 원격 근무 적용은 팬데믹 전까지는 이해 범위를 벗어난 일이었다. 하지만 코로나19가 발발하면서 원격 근무는 더 넓은 직무에서 요구되었고 많은 경우 삶의 질 향상으로 이어졌다. 출퇴근을 하지 않게 되어 생활의 유연성이 높아졌고 연료 소비와 교통비도 감소하였다. 코로나19 이후 원격 근무자의 비율에는 변동이 있겠지만, 계속 원격으로 근무하거나 향후 원격 근무를 희망하는 근무자가 많아질 것이다. 기반시설의 체증과 수소·탄소 소비, 비용을 절감할 수 있는 유인이 크기 때문이다. 장기적인 미래 스마트시티 관점에서 보면, 원격 근무는 화이트칼라 근무자들에게 필수조건이 될 것이다. 경제사회적 영향과 지속가능성 측면이 무시하기엔 너무 크기 때문이다.

온라인 교육은 앞으로 도시 생활과 스마트시티의 선택 사항이 아니라 기본 방식이 될 듯하다. 대면 과정에서 훨씬 더 나은 성과를 내는 학습자들이 있지만, 온라인 교육은 학교에 직접 오가는 시간이나 유연성, 돈이 부족한 사람들에게 새로운 기회를 제공한다. 아울러 온라인 교육은 대개 근로자가 상근 일자리를 포기하지 않아도 되기 때문에 더 배우는 기회비용을 낮춘다. 온라인 교육은 대면 교육에

비하여 금전적으로 덜 부담을 주면서 교육 성취도를 더 높인다. 더 교육받은 사람들이 누릴 경제적인 혜택은 더욱더 지식자본 경제로 이행해 나갈 도시에 있어서 매우 중요하다.

원격 근무와 온라인 교육 외에 전자상거래와 원격 의료도 코로나19 팬데믹 기간에 급격하게 많이 채택되었다. 이들 기술은 편리할 뿐만 아니라 경제적 혜택과 지속가능성 측면의 도움, 사회적 편익을 제공한다. 전자상거래 효율은 시일이 지나면서 향상되고, 소매 소비를 더 손쉽고 효율적으로 만듦으로써 공급망의 마지막 단계에 있던 마찰을 줄이는 듯하다. 도시 의료시스템에 대한 수요가 점점 증가하는 반면 공급은 감소하는 가운데, 원격 의료는 의료시스템의 부하를 덜어줌으로써 공공 의료의 성과를 향상시키는 데 핵심적인 역할을 할 것으로 보인다. 도시 의료시스템의 수급 전망을 더 살펴보면, 수요는 인구 변동에 따라 증가하고 의료 종사자의 인구 감소로 인하여 공급은 줄어들 것으로 예상된다. 미래의 도시를 상상해 보면 원격 생활은 지나가는 유행이 아니라 기술이 가능하게 하는 더 나은 도시 생활로 이행하는 과정에서의 첫 징후로 보인다.

지속가능성과 자원 압력의 완화

유엔지속가능발전목표(United Nations Sustainable Development Goals, SDGs)는 지속가능성에 대한 더 강한 의지로서만 달성될 수 있다. 이런 맥락에서 원격 생활과 다른 스마트시티 기술은 지속가능성 목표를 위한 긴요한 요소가 될 것들을 제공한다. 일터로 출퇴근하는 근로자와 학교를 오가는 학생들이 줄어들면 사업장과 학교에서 소비되는 자원이 감소될 것이다. 예를 들어 물과 천연가스, 종이 제품의 소비가 감소하고, 쓰레기를 처리하는 서비스도 덜 필요하게 된다. 소비 감소가 지속가능성에 주는 영향은 분명하고, 안정성 관점에서의 시사점은 우리가 풍요로운 세상을 원한다면 현재의 원격 기술과 미래에 더 많이 채택되고 있는 원격 기술이 필수적이라는 것이다. 하지만 스마트시티가 잠재력을 완전히 실현하려면 원격 생활 기술보다 더 많은 것이 필요하다.

기술과 데이터 활용의 융합이 자원 이용과 최적화의 관건이 될 것이다. 스마트시티 기술 융합은

도시 탄소를 비롯하여 환경 발자국을 줄이는 데 결정적인 역할을 할 것이다. 스마트시티 계획가들이 지속가능성을 제고하는 현행 전략을 강화하기 위해 가장 우선순위로 두어야 할 것들은 자원 소비 감소와 아울러 에너지 효율과 신재생에너지 활용 및 자원순환 증대, 기반시설 활용 제고이다.

도시 생활을 개선하는 동시에 지속가능성을 향상하는 기회는 중요하다. 하지만 그 기회는 적정 기술과 마음가짐, 지원을 통해서만 취해질 수 있다.

성공을 위한 기술 기둥

비록 기술의 진전이 최근 수년 동안 가속화되었지만, 기술적으로 완벽한 스마트시티로의 전환에는 중요한 요건과 과제가 있다. 미래의 도시를 상상할 때, 스마트시티의 약속을 지원하고 실행하는 데에는 네 가지 주요 기술 기둥이 도움이 될 것이다. 네 기둥은 **데이터 수집과 센서의 광범위한 활용, 고도화된 분석, 강화된 사이버보안**이다.

측정할 수 없는 것은 개선할 수 없다. 스마트시티 또한 당연히 모든 곳의 데이터를 수집해야 한다. 스마트시티는 교통 기반시설과 발전, 에너지, 수자원 등을 포함한 자산으로부터 통합되고 끊임없이 데이터를 수집해야 한다. 데이터 수집은 이들 자산에 광범위하게 촘촘히 설치된 센서를 통해 가능해진다. 이렇게 유비쿼터스(ubiquitous)한 데이터를 지속적으로 방대하게 수집하고 분석해야지만 미래의 스마트 시티는 존재할 수 있다.

데이터만으로는 스마트시티 시대를 구현하지 못한다. 센서와 데이터 수집에는 데이터 융합과 고도화되고 효과적인 분석이 수반되어야 한다. 자산과 자원 활용을 최적화하기 위해 방대한 실시간 데이터를 측정하고 주시하는 데에는 아마도 첨단 인공지능과 양자 컴퓨터가 결정적인 수단이 될 듯하다.

기술이 넘쳐나서 생활을 더 낮고 더 지속가능하게 하는 도시라는 비전은 매력적이다. 하지만 그런

도시는 과거나 현재의 도시에 비하여 사이버 공격에 훨씬 더 취약하다. 전문가들은 사이버보안 세계에서 다양한 기술과 자산이 공격받을 수 있다고 경고한다. 잠재적인 사이버 공격에 노출되는 지점과 공간은 ‘공격노출면(attack surface)’이라고 불린다. 스마트시티의 데이터와 기술 기반시설은 규모가 방대하고, 그래서 스마트시티 계획자는 고도의 방대하고 탄력적인 사이버보안 기술 설비를 확보해야 한다. 미래 스마트시티의 데이터와 기술을 효과적으로 보호할 방법을 갖지 못한다면 위대한 미래를 약속하는 비전은 악의에 찬 범죈자와 정부 돈을 받고 시늉만 하는 자, 사회 질서를 해치고 무너뜨리려는 존재들이 날뛰는 지옥 풍경으로 전락할 수 있다.

스마트시티는 데이터와 기술로 넘쳐날 것이고, 이는 스마트시티 데이터와 기술, 자산에 있어서 효율적인 사이버보안이 핵심 방어벽이 되어야 하는 이유가 된다. 이들 조건이 충족되어야만 스마트시티의 위대함이 성취될 수 있다.

스마트시티를 위한 신기술

다양한 기술이 자원의 풍요를 확실히 가능하게끔 도울 수 있고, 이는 희소성이 증대하는 상황에 대응하는 데에도 도움이 된다. 스마트시티 개발에는 광범위한 신기술이 필요할 것이다. 앞에서 언급된 기술 외에 자율주행과 데이터 수집 및 분석, 메타버스, 스마트 전력·수도 시설 등을 포함한 신기술이 스마트시티의 핵심이 될 것이다. 이들 기술 중 대부분은 아직 성숙 단계에 오르지 못하였고 온전한 기능을 갖추려면 몇 년이나 몇십 년이 걸릴지 모른다. 하지만 이들 기술은 모두 스마트시티의 개발에 중요한 역할을 할 것이다.

앞에서 서술한 대로 데이터 수집·분석 기술은 스마트시티의 미래에 결정적인 요소가 될 것이다. 인공지능은 큰 영향을 미칠 텐데, 양자 컴퓨터는 아직 드러나지 않은 잠재력이 있을 듯하다. 이런 가운데 불가피해 보이는 명제는 도시에서 실시간 데이터 수집이 강력한 분석력을 요구하리라는 것이다. 아울러 대량의 데이터를 수집하고 운영하며 분석하는 데에는 상당한 에너지가 필요할 것이다.

여러 도시에 걸쳐 수집되고 융합되는 데이터에는 교통 데이터도 포함될 것이다. 교통 데이터는 다양한 수준의 자율성을 갖춘 드론과 자율주행차에서 만들어진 자료도 포함한다. 다른 기술과 마찬가지로 자율주행 기술은 여전히 신생이고 진화하고 있다. 현재 주행되는 차량 중 일부가 자율주행 기능을 장착하고 있지만, 교통신호 체계가 필요 없게 되기까지는 오래 걸릴 듯하다. 자율주행 발전의 중간 단계에서는 자율주행 차량과 인간주행 차량이 공존할 것이다. 중간 단계가 얼마나 길어질지는 시스템이라는 더 큰 범주가 자율주행이라는 신기술을 받아들여 조정되기까지 얼마나 걸릴지에 따라 영향을 받게 된다. 시스템은 예를 들어 규제와 책임성, 법적·사회적·행정적 과제를 아우른다.

미래 스마트시티에서 완전 자율주행 차량이 도로를 다 차지하기까지는 시일이 걸리겠지만, 메타버스 기술은 지금 당장 기회를 제공한다. 스마트시티가 되고자 하는 도시는 수집한 데이터를 효율적으로 구조화해야 하고, 그러려면 가상 공간에 지도처럼 대응시키는 일이 필요하다. 여기서 가상현실 및 증강현실 기술이 값지게 활용될 수 있다. 메타버스 기술 활용 또한 자율주행 차량 시스템 지원에 매우 유용할 수 있다. 즉 메타버스 기술은 자율주행 차량의 보급을 가속화하기 위해 테스트될 수 있는 시나리오의 수를 늘리는 데 필요한 도로상 주행기록을 부트스트랩bootstrap하는 데 쓰일 수 있다. 부트스트랩이란 데이터의 일부를 재추출하여 불확실성을 제거하는 기법을 가리킨다. 메타버스 기술은 또한 자율주행 시스템이 완전 자율주행 차량을 위한 법적·제도적 근거를 마련하는 데 필요한 데이터 수집을 늘리는 데 활용 가능하다.

스마트 전력·수도 시설 역시 스마트시티 개발에 필수적이다. 이들 시설을 똑똑하게 하는 기술에는 스마트 전기·수도 계량기와 넓은 지역과 국가를 아우르는 스마트 그리드이다. 희소식은 이런 기술이 많은 도시와 국가에 도입되어왔고, 그래서 앞으로도 채택되고 실행될 가능성이 크다는 사실이다. 스마트 기술의 활용은 풍요를 유지하는 데 꼭 필요하다. 도시 거주자들에게 행복과 신뢰가 형성되려면 기본적으로 물과 전기를 안정적으로 제공해야 한다.

스마트 시설은 전방위적으로 문제를 해결한다. 수급을 관리하고 지속가능성을 높이며 도시 사회 질서의 안정성을 지원한다. 이들 기술은 앞으로 전기차가 더 일반적으로 보급되면서 점점 더 중요해질 것이다.

지속가능성을 위한 정책적 압박 속에서 전기차는 이산화탄소 배출량을 줄이는 해법 중 결정적인 부분으로 자리매김해 왔다. 하지만 더 많은 전기차는 더 많은 전기를 요구하고, 전기는 그리드에서 나온다. 도시 지역과 더 넓은 지역, 국가에 걸쳐 그리드에 압박이 가해질 수 있다. 그런 가운데 스마트 계량기의 활용은 수요 관리와 부하 감당 운영에 긴요한 역할을 할 것이다. 특히 전력 수요가 정점에 있는 동안 전력을 충분히 안정적으로 공급하는 역할을 할 것이다.

이들 기술의 대부분은 성숙 단계에 이르기까지 앞으로 더욱 개발되어야 하고, 그렇게 되기까지 수년이나 수십 년이 걸릴지 모른다. 일부 기술은 성과를 내기까지 더 걸릴 수 있다. 교통신호 체계가 필요 없어질 정도로 가동되는 자율주행 차량이 그런 기술일 수 있다.

필요한 사고방식- 미래학자가 돼라

기술만으로는 스마트시티를 현실에서 구현하기에 충분치 않다. 사고방식이라는 요건이 동등하게 중요하다. 미래 도시에 기술과 데이터는 어디에나 풍부하겠지만, 스마트시티를 실현하고자 하는 사람들은 기술을 수용할 준비가 되어 있거나 그럴 의향이 있는 주민들에게 접근해야 한다. 만약 대중이 기술을 반대하거나 러다이트(Luddite, 19세기 영국에서 일어난 기계 파괴 운동) 성향이 있다면 스마트시티 시도가 실패할 가능성이 커진다. 비슷하게, 영리한 도시 설계자나 개발자가 될 사람들은 스마트시티 개발에 종사하는 사람은 물론 미래 스마트시티 거주자들 사이에서도 데이터 문화를 양성해야 한다. 데이터는 스마트시티를 구성하는 데 한 번 들어가거나 벽돌처럼 쓰이는 요소가 아니라 지속적으로 활용되는 요소이다.

스마트시티 주민이 기술과 데이터를 받아들이도록 하는 데 가장 잠재력이 큰 방법은 교육 문화를 함양하는 것이다. 교육받은 사람들은 데이터의 가치와 풍요가 왜 꼭 필요한지 더 잘 이해할 공산이 크기 때문이다. 또 교육받은 사람들은 화이트칼라 사무직에 더 많이 종사할 것이고, 사무직은 원격 생활을

편리성과 비용 절감, 소득을 올리는 교육 기회 확대 측면에서 반길 것이기 때문이다.

지속가능성도 스마트시티에 필요한 요소이다. 주민의 초점과 사고방식이 지속가능성을 기준으로 일치되어야 한다. 이 같은 공동체적 집중은 엄청난 강점이 될 수 있다. 에너지 효율적이고 친환경적인 지속가능성의 가치에 기관이 우선순위를 둔다면 풍요를 조성하는 과정에 큰 기회를 제공하겠지만, 그래도 어딘가에서 여전히 희생은 치러져야 한다. 이런 측면에서 이해관계자들이 지속가능성에 우선순위를 둔 비전을 공유한다면 스마트시티 시설 운영을 위한 수용이 더 효율적으로 이루어질 수 있다.

무엇보다 스마트시티 계획자들은 장기 전략적인 접근을 취할 필요가 있다. 스마트시티 프로젝트가 완전히 기능하기까지 수년이나 수십 년이 걸리기 때문이다. 미래학적인 사고는 그런 접근의 일부가 되어야 한다. 즉 스마트시티 계획자들은 계획을 수립할 때 유연성을 적극 발휘해야 한다. 신기술과 새로 등장하는 기술에 기초를 둔 미래를 설계하는 일은 경직적인 계획이나 엄수해야 하는 일정표로 접근할 종류가 아니다. 스마트시티 계획은 신기술이나 새로 등장하는 기술에 의존해야 하고, 그래서 미래는 현재 도시계획자들이 상상하는 것과 매우 다를 수 있다. 오늘날 새로 등장하는 기술은 실패할 수도 있고, 계획보다 더 빠르게 성공할 수도 있으며, 전혀 다른 기술로 대체되거나 추월당할 수도 있다. 미래를 형성하는 변수는 많다. 무슨 기술들이 가장 결정적일지, 그 기술들이 어떤 속도로 파급될지 정확히 예측하는 작업은 특별히 전략적인 접근을 요구한다.

미래 스마트시티의 네 가지 시나리오

전략적인 질문을 놓고 사고하는 미래학자로서 미래의 비전을 형성하려면 과거와 현재의 데이터가 어떤 흐름을 보이는지 분석하는 일이 무엇보다 중요하다. 미래학자들은 종종 가능한 미래의 결과를 네 가지 틀 속에서 가늠한다. 이런 전략적 계획 틀은 하와이대 마노아캠퍼스의 짐 데이토Jim Dator가 처음 개척하였다. 이 틀은 경영 컨설턴트가 선호하여 전형적으로 제시하지만 독창적이지 않은 3단계 틀, 즉 중간 사례와 높은 사례, 낮은 사례를 넘어선다.

네 가지 미래 시나리오는 과거 추세를 중요하게 반영한다. 첫째 미래 시나리오는 과거 추세에 비하여 ‘정체’를 나타낸다. 이 시나리오는 과거의 추세와 기술이 본질적으로 변하지 않는, 그래서 상황이 불변하거나 정체된 미래를 상정한다. 둘째 미래 시나리오는 ‘지속’인데, 최근의 과거 추세가 이어지는 미래를 나타낸다. 셋째는 ‘반동’으로, 과거의 흐름이 뒤집어지는 것이다. 넷째는 ‘가속적 변화’로, 이 시나리오에서 미래는 과거 추세가 더 빨리 진행되면서 전개된다. 각각에 대해서는 별도로 논의한다. 이들 시나리오를 묘사하는 작업의 가치는 각각에 대한 믿음을 알아보고 각 시나리오의 가능성을 가늠하는데 있다. 그럼으로써 어떤 주요한 변화를 주시해야 할지를 파악하고 바람직한 결과를 위한 미래 장기 계획과 관련하여 어떤 행동을 취해야 하는지에 대해 도움을 얻을 수 있다.

미래 시나리오 1 - 정체

묘사: 우리가 오늘날 가진 기술이 발달하지 않고 개선되지 않는다. 도시의 인구와 인구 구성, 인구밀도에도 변화가 없다. 스마트시티 구현이 매우 어려운데, 그 이유는 여러 측면에서 두루 작동하는 스마트시티를 구현하려면 그에 적합한 여러 기술이 필요하기 때문이다. 도시는 오늘날과 본질적으로 별로 다르지 않은 모습이다.

믿음: 이 시나리오가 가능성이 가장 크다고 믿는 것은 기술 진전이 멈추고 인구 변동이 일어나지 않는다고 믿는 것이다. 또한 지속가능성이 높은 우선순위에서 밀려나고 천연자원이 공급 제약에 처하지 않는다고 믿는 것이다.

가능성: 이 미래 시나리오가 실현된 가능성은 작아 보인다. 기술이 급속도로 발달하고 인구 변동도 빠르게 진행되기 때문이다. 또한 지속가능성이 중요한 주제에서 밀려날 가능성은 높지 않고 천연자원은 무한하지 않기 때문이다. 게다가 인간은 본성적으로 끊임없이 기술 발달을 추구한다. 즉 기술 발달의 완전한 정체는 인간 본성의 중대한 전환을 전제로 하는데, 그럴 가능성은 희박하다.

미래 시나리오 2 - 지속

묘사: 가까운 과거의 흐름이 비슷한 속도로 이어진다. 기술적인 진보도 지속되고, 인구 변동도 계속 진행되고 지속가능성 실현 의지가 강해지며 자원 제약이 더 커진다. 이 추세는 스마트시티에 대한 관심과 필요성을 더 키운다.

믿음: 이 시나리오가 가장 가능성이 크다고 믿는 것은 과거와 비슷한 속도로 기술 연구·개발 R&D에 자금을 투입할 의지와 여력과 의향이 있다고 믿는 것이다. 또한 인구 변동이 인구 증가와 도시화로 나타난다고 믿는다. 아울러 천연자원 제약이 우선순위에서 더욱 중시되리라고 믿는 것이다.

가능성: 이 시나리오는 여러 변수에 부합하기 때문에 실현 가능성이 매우 높고, 기본적인 유형으로 정의할 수 있다. 여러 변수란 인구 변동에 대해 널리 공유된 예상 및 전망과 지속가능성에 대한 세계적 관심, 천연자원에 대한 우려 등이다.

미래 시나리오 3 - 반동

묘사: 오늘날 우리가 보유한 기술은 붕괴되거나 포기된다. 데이터와 기술, 원격 생활, 지속가능성에 맞선 강한 반발이 일어난다. 동시에 인구 변동 추세가 뒤집혀 온실가스 배출이나 천연자원 제약에 대한 걱정이 사라진다. 기반시설 부족이나 부하도 더 이상 현안이 되지 않는다.

믿음: 이 시나리오가 가장 가능성이 크다고 믿는 것은 정말 재앙적인 사태가 발생한다고 믿는 것이다. 현대 사회를 특징짓는 핵심 기술들이 기술을 진전시키고자 하는 미래 동력과 함께 버려진다고 믿는 것이다. 또한 도시를 종합적인 스마트시티 문턱까지 발달시킬 수 있는 유비쿼터스 기술들이 모두 포기된다고 믿는 것이다. 아울러 지속가능성도 버려지고 천연자원 제약도 더 이상 문제가 아니라고 믿는 것이다. 마지막으로 세계 인구와 도시 인구가 감소한다고 믿는 것이다.

가능성: 가능성이 작은 시나리오이다. 인류는 기술의 편리함을 즐기고, 기술을 활용하여 생활을 향상시키는 성향을 지속적으로 보여왔다. 이에 비추어 현재 기술을 통째로 포기하고 기술로 삶을 향상시키고자 하는 인간의 기본 동기가 작동을 멈출 가능성은 작다. 더욱이 세계 인구와 도

시 인구가 감소할 수는 있지만 그렇게 되려면 재앙적인 사태가 필요하다. 마지막으로 천연자원 제약과 지속가능성에 대한 걱정은 사라지지 않을 듯하다.

미래 시나리오 4 - 가속적 변화

묘사: 최근 기술은 과거보다 훨씬 더 빠르게 발전한다. 스마트시티 기술을 발전시키고 융합하려는 노력이 어마어마한 자금과 제도적 뒷받침, 정부의 지원을 확보한다. 인구 변동이 가속화되고 스마트시티의 필요성이 더욱 강해지면서 지속가능성과 천연자원은 우선순위에서 더 중시된다. 교통신호 체계가 없는 자율주행 차량에 대한 제도적인 지원이 고조된다.

믿음: 이 시나리오가 가장 가능성이 크다고 믿는 것은 스마트시티에 대한 지원이 매우 강해진다고 믿는 것이다. 또한 기저에서 스마트시티를 당위로 하는 변수들이 더욱 중요해진다고 믿는 것이다. 그 변수들은 천연자원 제약, 기반시설 밀집, 지속가능성 목표에 대한 국가와 도시들의 관심과 지원 증가 등이다. 마지막으로 자율주행 차량이 제도적 지원과 정부의 도움을 받는다고 믿는 것이다.

가능성: 이 시나리오도 실현될 가능성이 크다. 이 시나리오가 둘째 시나리오보다 실현될 확률이 높아지려면 기술에 초점을 맞춘 이해관계자들로부터 더 관심과 지원, 실행을 받아야 한다. 즉 그들이 스마트시티 기술을 지원하고 통합하여 모든 면에서 온전한 스마트시티의 종합적인 비전을 제시하도록 해야 한다.

스마트시티의 네 가지 시나리오 가운데 반동과 정체는 가능성이 작아 보이고, 지속이나 가속적 변화가 가능성이 커 보인다. 미래가 어떤 시나리오로 펼쳐질지는 기술 발전과 인구 변동, 지속가능성에 대한 의지, 자원 제약 등에 달렸다. 미래 시나리오에서 종종 나타나듯, 각 시나리오를 묘사하고 변수와 믿음을 파악하고 나면 미래학자들이 흔히 말하는 '선호하는 미래'에 도달하기 위해 우리가 무엇을 해야 하는지 결정할 수 있다. 여러 유형의 미래 가운데 선호하는 미래는 지속일 수도 있고, 가속적 변화일 수도 있고, 둘 사이 중간일 수도 있다. 둘 사이를 가르는 관건이 되는 요인은 스마트시티 기술에 대한 지지의 정도와 지속가능성 및 천연자원에 대한 관심의 수준이다. 따라서 이 틀은 행동을 위한 청사진을 그려내는

데 도움이 된다. 스마트시티 기술을 더 빠르게 실행하여 종합적인 스마트시티로 급속도로 이행하고자 하는 정책입안자들은 이해관계자들로부터 다양한 수준의 지지를 얻어야 한다.

지지 요건과 한국 사례

한국의 경우 스마트시티 기술이 더 가속적으로 채택될 가능성을 키우는 지지 요인이 많다. 네 가지 시나리오 논의에서 언급된 것처럼 스마트시티 채택에는 이해관계자들의 지지가 결정적이다. 이런 측면에서 한국에는 스마트시티 실행을 가속화할 수 있는 공공-민간 제휴 관계와 정부 지원, 기반시설 투자에 대한 적극성이 있다. 이들 요인 외에 기업의 지원과 경제적인 뒷받침도 있는데, 더 구체적으로는 한국의 정보통신기술(ICT) 산업은 세계에서 최고 수준으로 발달하였고, 훌륭한 솔루션을 해외에 수출한 소중한 경험도 있다. 따라서 한국은 스마트시티 기술을 융합하고 개발도상에 있는 다른 나라의 도시들을 안내하는 중요한 글로벌 리더가 될 수 있다.

제2의 냉전이라고 불리는 지정학적인 긴장 고조조차 한국에는 기회를 제공한다. 세계 첨단 및 군민(軍民) 양용 공급망이 양분되는 상황에서 한국은 세계 ICT 시장 가운데 중국이 점유하던 부분을 차지할 기회가 있다. 특히 한국이 스마트시티 기술을 지렛대 삼아 자국의 소프트파워 외교를 확장하고, 그럼으로써 세계 경제에서 더 중요한 기술 강국이 될 수 있는 가능성이 엄청나다. 한국의 가치를 공유하는 나라의 도시들과 자매결연을 맺음으로써 한국은 세계 무대에서 가치를 위해 더욱 귀중한 역할을 하는 나라로서 위상을 굳힐 수 있다. 이런 활동은 구체적으로 개발의 초기 단계에 위치하거나 자원 측면에서 더 큰 제약에 놓인 도시들에 기술 지원이나 시험 프로그램을 제공하는 형태를 띠 수 있다. 미국과 다른 나라들은 오랫동안 자기네의 세계적인 위상을 높이기 위해 앞선 기술을 공유해 왔다. 또한 이들 국가가 운영한 자매결연 도시 프로그램이 한국 등 여러 나라에서 수십 년 동안 실행되었다. 한국이 이런 관계를 채택하고 형성한다면, 인도주의적인 영향이 엄청날 테고 세계 안정에도 기여할 것이며 한국의 ICT 및 스마트시티 기술을 수출할 새로운 시장이 열릴 것이다.

결론

스마트시티는 도시의 미래이다. 기술과 데이터가 넘쳐나 자원이 풍부하고 더욱 편리하며 기반시설 체증이 줄어든 도시를 만들어낸다는 아이디어는 지금 당장은 유토피아 구상처럼 들린다. 하지만 관건이 되는 기술적인 구성 요소 중 다수는 이미 쓰이고 있으며 향상되고 있어, 더 가속적인 기술 발전과 스마트시티에 대한 지지로 이어질 잠재력이 있다. R&D 투자가 훨씬 더 이루어지고 지속가능성에 더 초점이 맞추어지며 정부 지원이 더 실행될 경우, 스마트시티로의 이행은 최근보다 더 속도를 얻을 것이다. 자, 우리는 스마트시티를 원하는가? 그렇다. 하지만 기술 발달의 속도는 중요한 이해관계자들의 끈기와 지지, 의지에 달려 있다.

Towards a New Digital Urbanity:

a Future for Smart cities
in the Century of Sustainability
and Big Data

새로운 디지털 도시성을 향해:
지속가능성과 빅데이터의 세계에서
스마트시티의 미래

호세 카를로스 아르날

José-Carlos Arnal



호세-카를로스 아르날 *José-Carlos Arnal*은 스페인의 경제 저널리스트이자 저술가로 20년간 디지털 혁신과 도시 개발 분야를 전문적으로 다루어 왔다. 그는 스페인 사라고사시장의 기술 자문역으로서 '디지털 마일 *Digital Mile*' 프로젝트에서 주요 역할을 맡았다. 또한 '에토피아 예술 & 기술 센터 *Etopia Art & Technology Center*'를 공동 설립하였고 '사라고사시 지식 재단 *Zaragoza City of Knowledge Foundation*'의 사무국장(2011~2015)에 이어 '아울라 데이 과학기술단지 *Aula Dei Science & Technology*' 사무국장(2016~2020)으로 활동하였다. 공저 《열린 도시, 디지털 도시》(2021)를 비롯하여 기업가 활동과 디지털 경제에 대한 다수의 책과 출판물을 저술하였다. 스마트시티와 도시 전략을 주제로 한 여러 스페인 및 국제적인 행사에 연사로도 참여하였다. 현재 스페인 교육직업훈련부 장관의 자문역으로 있다.

josecarlosarnal@gmail.com

● 초록 ●

20세기의 마지막 4분세기에 진행된 정보기술 혁명이 시작된 이래, 도시는 경제 및 생산 영역에서 진행된 변화를 기회로 응용하여 도시 경쟁력을 향상시키고 투자와 새로운 일자리를 창출하며 디지털 기술을 통해 공공서비스를 개선하는 데 활용해 왔다. 기술단지부터 새로운 혁신 생태계에 이르기까지 도시는 스마트시티로서의 다른 외양을 채택해 왔다. 스마트시티는 최근 수십 년간 전략적 도시계획에서 매우 중요한 추세 중 하나였다. 하지만 기후위기와 경제-에너지 위기 시대를 맞이하여 도시의 우선순위와 사회적 민감성이 새롭게 변화하면서 스마트시티의 성공적인 모델은 전환점에 이른 듯하다. 한동안 세계 주요 도시의 시장들 [Mayors](#)에게 매력적으로 여겨졌던 스마트시티의 이상은 이제 그 매력을 상실한 듯하다. 심지어 빅데이터와 인공지능 [AI](#)을 활용하는 데 있어 내포된 통제 불가능한 위험으로 인하여 이 같은 도시 모델이 사망 선고를 받았다는 논의까지 공공연하게 들린다. 여하간 도시를 운영하는 데 활용할 기술은 이쯤 머물러 있고, 다만 그 역할은 새로운 시민의 우선순위에서 재고되고 조정할 필요가 있다. 디지털 시대를 맞아 우리는 시민의 권리와 자유를 보호하고 실질적인 사회적 관심사를 다루는 새로운 도시 문화를 함양해야 할 것이다. 지속가능성의 시대와 더 생태적이고 더 인간적인 도시로 회귀하는 시대에는 그에 걸맞은 진정한 디지털 도시성 [Digital Urbanity](#)이 요구된다.

키워드

스마트시티, 빅데이터, 디지털 권리, 새로운 도시성, 지속가능

● ABSTRACT ●

Since the beginning of the information technology revolution in the last quarter of the 20th century, cities have interpreted the change in the economic and productive model as an opportunity to improve their competitiveness, attract investments and new jobs, and improve their public services through the use of digital technologies. From technology parks to new innovation ecosystems, cities have been adopting different profiles as smart cities. It has been one of the most important trends in strategic urban planning in recent decades. However, the successful smart city model seems to have reached a turning point due to new urban priorities and social sensitivities in times of climate emergency, economic and energy crisis. The smart city ideal seems to have lost the appeal it had for years for mayors around the world. There is even open talk of the death of this urban model due to the uncontrolled risks in the use of big data and artificial intelligence. In any case, technology is here to stay in urban management, but its role needs to be reconsidered and adapted to new citizen priorities. We need to cultivate a new urban culture for the digital era that protects the rights and freedoms of citizens and addresses real social concerns. A true digital urbanity is needed for the time of sustainability and the return to greener and more humane cities.

KEYWORDS

Smart cities, Big data, Digital rights, New urbanity, Sustainability

시작하며

도시의 개발과 운영에서 스마트시티라는 개념은 21세기가 시작된 이래 새로운 패러다임으로서 적절성을 얻게 되었다. 스마트시티라는 개념이 언제 만들어졌고 누구에 의해 주창되었는지는 규명하기 쉽지 않다. 이 같은 사실들보다 더 중요하게 이해해야 할 맥락이 있는데, 바람직한 도시 모델로서 스마트시티라는 아이디어는 진공 상태에서 태어나지 않았다는 것이다. 이 개념은 기술에 매혹되어 디지털화가 모든 도시 문제를 해결할 수 있다고 믿었던 누군가에 의해 발명된 것이 아니다. 전 세계적으로 엄청나게 이루어져 온 스마트시티 모델의 영향과 수용은 사실 디지털 시대의 뿌리와 배경을 탐구하지 않고선 이해할 수 없다.

디지털 혁명과 인터넷 혁명은 진정한 혁명이었고, 기술과 경제 외에도 사회를 변혁하였기 때문에 여러 영역에서 많은 사람에게 강렬한 희망을 불어넣었다. 변화의 바람은 그보다 30년 전의 반문화와 히피 문화의 몇몇 관심사와 연결되었다. 즉 리누스 토발즈(Linus Torvalds)가 개발한 오픈 소스 운영체제로부터 시작된 프리소프트웨어 혁명이 전개되었다. 그 결과, 상업적인 순환체계 외부에서 생겨난 소프트웨어는 세계 곳곳의 수천 명에 이르는 프로그래머가 협업한 덕분에 복잡성과 품질 면에서 최고 수준에 이를 수 있었다. 이러한 움직임은 새로운 노동 윤리로서 해커 윤리까지 성문화하였다. 이는 핀란드의 철학자 페카 히마넨(Pekka Himanen)(2002)에 의해 이론화되었으며, 그는 존엄을 회복하며 잘 수행된 노동과 교환 및 공공재에 바탕을 둔 협업을 존중하며 유일한 위계로 동료들을 인정하는 새로운 노동 방식을 우리에게 엿볼 수 있게 하였다. 새로운 종교에 버금가는 열기를 끌어왔고, 리처드 스톨먼(Richard Stallman)¹은 그 분야에서 선지자였다.

비즈니스의 혁명은 기존 사업체에 맞서 진행되었고, 몇몇 젊은이들은 기성세대의 체제에 반항하여 파괴적인 혁신과 함께 네트워크로 연결되고 확장 가능하며 서로 묶여 있지 않은 새로운 유형의 기업에서

1 스톨먼은 매사추세츠 공과대학의 인공지능(AI)연구소 등에서 근무하였으며 프리소프트웨어 파운데이션(FSF) 등을 창립하였다.
https://en.wikipedia.org/wiki/Free_Software_Foundation

일하면서 미래의 회사를 설립하였다. 전에는 차고지의 젊은이들(1998년 9월 한 차고지에서 애플이 탄생하였고, 20년 후 마이크로소프트와 경쟁하는 회사가 되었다.)은 그저 실리콘밸리의 전설일 뿐이라고 믿는 사람도 많았으나, 오늘날 세계 시가총액 상위 10대 기업 중 세 곳은 당시 작은 스타트업으로 탄생한 인터넷 기업들이다. 또 10대 기업 가운데 시가총액 1위인 애플을 포함한 4개 사가 세계를 장악한 디지털 경제 신新모델의 근간인 기술회사들이다.²

인터넷, 특히 월드와이드웹WWW의 등장은 사회적이고 문화적인 혁명을 초래하였다. 월드와이드웹은 사람들이 가벼운 기술을 활용하여 상업적인 순환 체계 밖에서 정치적인 통제를 받지 않는 가운데 매우 저렴한 비용으로 서로 소통, 연결, 협업할 수 있도록 하기 위해 개발되었다. 오늘날 우리는 이미 다수의 무료 인터넷 서비스에 익숙해지고, 그 대가로 소중한 개인정보들을 제공한다. 전에는 누구도 꿈꾸지 못할 정도로 엄청난 양의 개인 간, 집단적 의사소통을 가능하게 하는 애플리케이션도 무한히 많다. 하지만 30년 전, 이러한 가능성을 보는 것만으로도 많은 사람에게 개인의 자유에 대한 상상과 욕구를 격렬히 일어나게 하였다. 사람들은 프링글스의 둥근 캔을 안테나처럼 활용하여 원시적인 와이파이에 연결함으로써 다른 사람과 커뮤니케이션하기도 하였다. 심지어 인터넷이 정부와 전통적인 권력기구의 힘이 미치지 않고 안전한 공간을 창조하였다고 믿기도 하였다. 이 꿈은 록밴드 '그레이트풀 데드'의 작사가 존 페리 발로우John Perry Barlow가 쓴 사이버스페이스의 독립선언문으로 구체화되었다.³

오늘날 우리는 우리의 생활과 경제, 업무, 학습 방식, 인간관계, 오락 활동까지도 바꾼 디지털 혁명이 실제로 진행되어왔음을 안다. 또 디지털 혁명으로 초래된 대단한 편익들 가운데 일부가 당시에는 예견하지 못한 불편함으로 상쇄되어왔음도 안다.

인터넷 혁명이 1990년대에 창출한 희망은 실제 지진과도 같았고, 토지와 도시 운영 분야에 특히 영향을 주었다. 네트워크가 제시한 전망은 우리가 머무는 특정한 장소에 덜 의존하도록 하겠다는 것이었고, 능동적으로 연결된 인터넷의 빈도와 강도에 따라 더 큰 가능성을 주겠다는 것이었다.

2 <https://www.investopedia.com/biggest-companies-in-the-world-by-market-cap-5212784>

3 <https://www.eff.org/cyberspace-independence>

사람들에게 유효한 이와 같은 가능성들은 도시에도 유효하였다. 도시는 더 이상 입지나 천연자원, 에너지의 근접성에 따라 제약받지 않게 되었다. 재능 있는 사람들이 도시에 많이 거주하게 하고 그들이 자신의 지식을 내다 팔 수 있도록 세계의 다른 곳들과 연결하면서 개발의 새로운 가능성이 열리게 되었다.

이는 지역의 개발과 토지 운영 전략 전체에도 큰 영향을 주었다. 디지털 혁신은 구축할 수 있는 새로운 원재료였다. 모든 도시가 새로운 실리콘밸리를 꿈꾸면서 이에 따라 세계를 정복해 나간 신기술의 축이 되고자 한 도시의 1세대가 등장하였다. 당시에는 금리가 낮았고 자본이 대거 유입되었으며 기술이 초래할 미래에 대한 사회적 낙관주의가 압도적이었다.

얼마 지나지 않아 주된 관심이 지식과 기술적인 부의 축적에서 도시의 변화로 옮겨갔다. 즉 **정보기술(IT)과 센서화, 데이터 수집을 집중 적용함으로써 도시를 효율적으로 운영하는 모범 사례로 바꾸는 쪽으로 이동하였다.** 스마트시티라는 모델이 탄생한 것이다. 이 모델은 수십 년 전부터 이어온 기술 낙관주의의 덕을 여전히 본 덕분에 초기부터 신뢰받고, 성공적이었다. 당시에는 신규 가입자에게 인터넷은 맥 빠지게 하는 모델 소리와 함께 전송되긴 했어도 스마트시티를 가능하게 하였다.

스마트시티 모델은 20년 동안 대대적으로 개발되어 온 뒤 존재 자체에 위기가 닥친 듯하다. 스마트 시티의 기반을 흔든 요인은 다음과 같다. 먼저 오늘날 우리 도시의 주요 자산인 빅데이터를 사회적인 조작을 통해 합법적이든, 불법적이든 축적해 왔다는 증거가 연달아 드러났다. 또한 대규모 기술 기업에 지나치게 의존하면서 지역 정부가 행정을 펼칠 여지를 좁히고 공공의 이익과 공간에 대한 방어에서 밀리게 되었다. 아울러 세계적으로 사회적인 불평등이 심해지는 가운데 시민들은 정치권력을 점점 더 불신하고 있다.

나와 전 동료인 다니엘 사라스아(Daniel Sarasa)는 2021년 함께 쓴 책 《열린 도시, 디지털 도시》에서 스마트시티 모델의 긴 여정을 분석하는 목표를 설정하였다. 스마트시티가 처한 도전을 더 잘 이해하기 위해서였고, 디지털 시대의 도시를 새로운 미래로 이끌 몇몇 경로를 제시하기 위해서였다. 이 글은 그 연장선상에

있고, 나는 새로운 기술적인 패러다임의 틀 속에서 도시적 사고의 진화를 다루고자 한다. 이 글의 마지막 부분에서 우리가 새로운 디지털 도시성이라 부를 수 있는 상태를 향해 가야 할 필요가 있음을 설명하려고 한다. 이는 도시에 대한 새로운 사고방식으로 신기술의 잠재력에 사회적·시민적 우선순위를 융합하는 것이다.

최근 벌어지고 있는 국제적인 사건들도 스마트시티의 우선순위를 재고할 필요성을 더 부각시켰다. 우크라이나 전쟁으로 에너지 위기가 악화하였고 전쟁과 함께 기후변화를 경고하는 극단적인 기후 현상들이 세계 곳곳에서 잇따라 불거지며, 인플레이션도 심해지고 있다. 이에 따라 지역 정부와 시민들은 스마트시티 프로젝트에서 고려되어 온 것과 매우 다른 시나리오에 관심을 갖게 되었다. 값진 기술 도구들을 현재의 사회적 위기를 해결하는 용도로 활용해야 할 때라는 데 의문의 여지가 없다.

모두 실리콘밸리가 되고자 하였다

지배적인 생산 양식의 변화와 도시의 관계는 그동안 불편함과 부정적 외부 효과를 관리하는 등의 단순한 것이었다. 즉 새로운 사회경제적 실체에 맞추어 도시는 기반시설과 기능을 바꾸는 데 노력을 기울였다. 이는 제1차 산업혁명과 제2차 산업혁명 때 특히 뚜렷하였고, 도시 근교에 농촌 출신 이주자를 대거 끌어들이면서 신규 도시에는 프롤레타리아(노동자들)를 수용하기 위해 서둘러 도시화와 주거 전략에 집중하는 양상이 나타났다. 인구가 급증하면서 교통 시스템과 보건 기반시설을 다시 검토해야만 하였다. 하지만 도시는 늘 이와 같은 요구에 충분히 부응하지 못하였고, 대기를 심각하게 오염시키는 공장과 굴뚝이 늘 공존해 있었다.

스페인 출신의 사회학자 마누엘 카스텔 [Manuel Castells](#) 교수는 1997년에 20세기의 70년대와 80년대로부터 이후 정보기술 패러다임으로의 전환은 도시운영자들에게 이론적으로 전과 매우 다른 상황을 제시하였다. 새로운 생산 양식에서 사상 처음으로 과학기술 지식이 성공하기 위한 핵심 생산 요소가 되었다. 과거

도시 가까이에서 조달해 온 전통적 자원이나 원자재는 더 이상 핵심 생산 요소가 될 수 없었다. 무형 자산인 과학기술 지식은 본질적으로 다른 지역으로 옮기거나 다른 곳에서 함양하기 쉬웠다. 여기에 인터넷이 등장하면서 새로운 디지털 경제의 연료가 될 능력을 연결하고, 나누고, 개발할 수 있는 가능성이 열렸다. 그 결과 가장 혁신적인 기업과 인재, 아이디어를 유치하기 위한 도시와 지역의 경쟁이 그 어느 때보다 치열해졌고 전 세계적으로 펼쳐졌다.

현재 스마트시티를 둘러싸고 있는 사회적 실망 가운데 일부는 1990년대와 이번 세기 초에 생겨난 과장된 기대 때문이라고 설명할 수 있다. 당시 새로운 실리콘밸리가 되고자 하는 노력은 도시 운영에 있어 강한 추세 중 하나였고, 이는 많은 도시 운영 전략의 특징이었다(로젠버그, 2002). 세계 어디서나 기술 자본을 갖춘 새로운 생산 기지가 되는 일은 가능하였다.

그러한 추구 가운데 흥미로운 표현 중 하나가 이른바 ‘신세기 도시’[New Century Cities](#)’였다. 매사추세츠 공과대학MIT 도시연구계획학과와 미디어랩이 공동 구성한 연구그룹이 붙인 명칭으로, 세기의 전환기에 세계 곳곳에서 출범한 대규모 도시 프로젝트들 중 가장 주목할 만한 공통 특징을 갖춘 일련의 것들을 가리킨다.

신세기 도시들은 공공 영역과 민간 영역 모두에서 새로운 정보기술을 적극 활용하고, 신규 숙련된 일자리를 창출하고 도시의 국제적인 중요성을 제고할 수 있는 혁신적인 기업의 요람이 되게 하는 것을 목표로 한다는 특징을 가졌다. 이들 특징이 나타난 다른 프로젝트도 많았지만, NCC(New Century Cities)는 달랐다. 도시 내 기술단지를 조성하는 데 그치지 않고 그런 목표 아래 설계하고 통합하는 데 지대한 노력을 기울였고, 주위의 사회적 조직과도 통합하고자 하였다는 점에서다. 아울러 이와 같은 야심 찬 프로젝트는 공공과 민간이 협업하게 하고 장기적인 전략을 유지하는 것이 핵심인데, NCC는 시작할 때부터 그와 관련하여 지배구조의 문제를 제기하였다.

서울의 디지털미디어시티[Digital Media City](#)와 핀란드 헬싱키의 아라비안란타[Arabianranta](#), 영국 셸퍼드/맨체스터의 미디어시티[MediaCityUK](#)는 성공적으로 실행된 대규모 NCC의 훌륭한 사례들이다.

동시에 이들은 NCC 프로젝트가 전략적 임무 측면에서 봉착한 한계를 가장 잘 드러내고 있다. 이들은 프로젝트 자체의 지표인 일자리 창출, 신규 주거, 대학 유치 등에서는 성공적일 수 있지만, 도시 전체를 변신시키는 데 미친 영향에 대해선 논쟁의 여지가 있었다. 여하튼 이들은 정보기술 혁명이 도시에 제공한 기회 속에서 당시 도시 설계자들이 품었던 원대한 믿음을 가장 잘 증언한다.

2008년 글로벌 금융위기로 이전의 경제적으로 큰돈을 벌어들일 수 있는 분위기가 바뀌었다. 또 각 도시의 시장들 책상에는 다른 사회적 우선순위들이 올라왔는데, 사회부조(국가 또는 공공단체가 생활비의 일부 또는 전부를 부조하는 제도)와 양호한 환경의 지역에 거주할 권리였다. 거주권과 관련하여 대량 해고와 증가하는 실업, 지역 정부의 재정 위기로 대규모 도시 전환 프로젝트와 관련한 부동산 투자가 얼어붙었고, 도시의 혁신적 전략은 개입 정도가 더 신중해지면서 새로운 요구에 부응하여 더욱 정렬을 가다듬게 되었다.

한편 재정 위기 시기를 맞아 도시 서비스 운영에 적용할 시스템과 기기의 개발이 적절한 대응으로 여겨지고 있다. 기술이 공공 자원을 더 효율적으로 이용할 수 있도록 선진 도시들은 기술 도입을 통해 혁신 도시로 변신하며 솔루션을 배우고 테스트를 통해 기업과 함께 성장해 나가며 동반 성장해 나간다. 1990년대 초에 이론화된 스마트시티는 와이파이 이용을 대중화하고 전자기기가 소형화하거나 저렴해지며, 스마트폰이 등장하면서 큰 기회를 발견하였다. 특히 스마트폰은 시민들에게 호주머니 속에 강력한 컴퓨터를 지니고 다니면서 도시 서비스를 활용할 수 있는 가능성을 제공하였다.

다른 한편으로는 도시의 공간적인 설계로만 혁신 활동을 촉진한다는 접근이 봉착하게 된 어려움 속에서 대안적 사고가 싹텄다. 기존의 도시 설계는 동일한 도시 구역 내 혁신의 주체들인 기업과 스타트업, 대학, 연구소 등이 물리적으로 가깝고 이웃에 있어야 한다는 데 초점을 맞추었다. 반면에 대안적 사고는 중개 기구와 행사를 통해 혁신 주체들 사이에 고강도의 상호작용과 협력을 만들어가고자 하였다. 다시 말하여 스마트 구역이나 기술단지를 조성하는 대신 도시 전체에 분포된 혁신 생태계를 생성하고자 하였다.

20여 년이 지난 현재, 혁신 진흥을 위한 새로운 지리적 전략은 성과를 거두어 도시가 디지털 경제의

수요에 적응하도록 도왔고 신경계의 핵심 요소로서 기업가에 대한 지원을 장려하였다. 하지만 대다수 도시에서는 디지털 경제의 새로운 챔피언이 등장하도록 하지 못하였고, 대도시의 힘을 가리지도 못하였다.

반대로 디지털 혁명이 진행되면서 대도시의 매력은 더욱 커졌다. 최근 연구에 따르면 미국에서 지난 10년간 만들어진 첨단 기술 일자리 10개 중 9개가 5개 지역인 보스턴, 시애틀, 샌프란시스코, 샌디에이고, 실리콘밸리에 집중되었다. 그러는 동안 미국 도시 중 절반에서는 첨단 분야 일자리들이 줄어들었다 (에트킨슨, 무로 & 위튼, 2019).

이 같은 사실은 많은 국가의 중소형 도시에 나쁜 소식이다. 예를 들어 스페인으로 들어오는 젊은 층 이민자들은 1990년대 이후 두 배로 증가하였고 대졸자 백분율은 3배로 높아졌지만, 이민자들은 전보다 더 도시를 선택한다. 많은 중규모 도시와 심지어 발렌시아와 사라고사 같은 주요 도시조차도 마이너스 이민율과 지식 자본의 손실을 경험하고 있다. 이들 도시로 외국인 이민자 또는 미숙련 외국인들이 유입되지만, 젊은 대졸자들은 바르셀로나와 특히 마드리드에 빼앗기고 있다(곤살레스-레오나르도 & 로페즈-케이, 2021).

이같이 실망스러운 증거들에도 아랑곳하지 않고 스마트시티 프로젝트는 세계적으로 계속 확산되었고, 도시 운영과 지역 정부의 관심이 바뀌는 흐름 속에서도 어느 정도 탄력을 보여주었다. 사례와 경험의 수가 증가하면서 기술 솔루션의 효과와 신뢰도가 공공 행정에서 요구되는 안전 수준에까지 쉽게 도달하였다.

팬데믹 이후의 새로운 도시 경관

2019년 말 발생하여 2020년 봄에 전 세계로 확산한 코로나19 팬데믹은 모든 도시에 가공할 만한 충격을 주었다. 여러 나라에서 실행한 엄격한 봉쇄 조치로 전례 없는 방식에 의해 급격하게 도시의

경관과 생활이 변모하였다. 상점들이 문을 닫았고, 거리는 텅 비었으며, 응급 서비스는 상시 대기 상태를 유지하고 있다. 국제노동기구ILO에 따르면 세계 피고용자의 약 81%가 작업장 전체 또는 부분 폐쇄로 영향을 받았다.

코로나바이러스로 악화된 사회에서 정보기술이 주요 역할을 하게 되었다. 수백만 명의 근로자가 하루 사이에 원격 근무자로 변신하였다. 수년 전만 해도 디지털 유목민에게나 주어지던 사치재일 뿐이었던 원격 근무가 의무로 바뀌면서 노동 인구 중 대부분이 사무실에 나오지 않은 채 일하였다. 거리와 고속도로, 대도시 도심의 상업지구는 텅 비었다. 아울러 대면 관계가 매우 제한되고 위험해지면서 가족 및 사회 관계를 유지하는 데 소셜네트워크서비스SNS가 필수불가결해질 수밖에 없었다. 이와 같은 방식으로 지역 정부와 나머지 공공 행정기관도 대민 서비스 창구를 폐쇄하고 모든 정보 채널을 가동하여 시민과 디지털 시스템을 통해서만 접촉하였다.

2022년 가을 현재, 여전히 회복하는 단계인 팬데믹의 충격은 스마트시티에 양방향으로 영향을 미쳤다. 한편으로 도시 운영에 있어 디지털 기술이 그 어느 때보다 절대적으로 중요해졌음이 분명해졌다. 코로나19가 발생한 이후 스마트시티 모델은 더 이상 선택 사양이 아니며 안전과 회복 측면에서 전략적인 필수 사양이 되었다. 말하자면 팬데믹을 거치면서 디지털 기술은 도시의 새로운 신경 시스템으로서 온전히 기능하게 되었다.

하지만 동시에 코로나바이러스에 의해 만들어진 전례 없는 도시 경관은 시민들의 감수성을 또 다른 방향으로 이끌었다. 시민들은 더 생태적인 거리와 더 넓은 휴식·대화·공유 공간을 원하게 되었다. 가정 가까이에서 식사나 교육, 의료, 문화 같은 기본적인 서비스를 받는다는 데 큰 가치를 두게 되었다. 또한 교통량이 매우 적어서 누구나 조용하게 오갈 수 있는 혜택을 누리는 거리, 개인적·집단적으로 보호받는다는 느낌, 업무와 공부, 돌봄, 요리, 놀이가 한번에 가능한 주택 등을 더 소중하게 여기게 되었다.

사실 이러한 시민적 감수성은 기술에 적대적이지 않고, 오히려 기술의 필연성과 불가결한 가치를 당연하게 여긴다. 하지만 기술은 더 이상 사회적으로 우선순위일 수 없고, 도시의 주요 목표가 아니다.

기술은 이제 형용사 ‘스마트’를 독점적으로 활용할 수 없으며, 도시는 디지털화 때문이 아니라 소용돌이치는 세계 속에서 사회 통합과 지속 가능성, 회복 탄력성을 추구해야 하기 때문에 스마트해져야 한다.

따라서 스마트시티는 존재의 위기에 직면하고 있다. 이는 아마도 스마트시티의 발전에서 전환점일지도 모른다. 물론 미국의 소설가 마크 트웨인 Mark Twain의 말을 바꾸어 표현해 보면, 스마트시티가 사망하였다는 말은 과장일 것이다. 하지만 부정적인 징후와 늘어나는 비판, 스마트시티의 초기 아이디어가 세계의 시장 모두에게 뿌렸던 매력이 상실되었다는 점에서 무시할 수 없다. 권위 있는 잡지인 <MIT 테크놀로지 리뷰>는 지난여름 ‘스마트시티의 사망’을 커버스토리로 올렸다. 스마트시티 모델의 이론화와 개발에 많은 MIT 연구자들이 특히 기여한 사실을 고려할 때 이 잡지의 메시지는 간과될 수 없다.

이 같은 실망의 순간에 이르게 된 데에는 다른 중요한 요인도 작용하였다. 기대에도 불구하고 스마트 시티 브랜드가 잠식하게 된 주요 요인은 빅데이터를 다루는 데에서 발생한 문제점들이다. 시민들이 스마트시티에 품게 된 지나친 기대는 기술이 공공서비스 운영을 발전할 수 있게 하리라는 것이었고, 도시가 기술 영역에 전념함으로써 경제 개발에 도움을 얻으리라는 것이었다.

빅데이터의 위험

무슨 일이 발생하였는지 설명하는 데에는 구체적인 사례 셋으로 충분할 듯하다. 첫째, 2016년 미국 대통령 선거에서 페이스북 회원 수천만 명의 개인정보가 불법적으로 활용되었다. 개인의 정치적인 성향 프로필이 수집된 뒤 개별적인 동의 없이 표적화된 정치 광고에 활용되었다. 정치 광고는 유권자들을 극우 성향으로 유도하도록 설계된 것이었다. 이 사실은 2018년에 알려졌다. 여론 조작은 마크 주커버그 Mark Zuckerberg가 창업한 소셜미디어에서 이루어진 게 아니라, 국제적이고 반동적인 포폴리즘과 연계된 새로운 컨설팅 회사인 케임브리지 어널리티카 Cambridge Analytica의 소행이었다.

이 사건으로 개인정보 불법 활용이 노골적으로 자행되었음이 극명하게 드러났다. 개인정보 악용은

개개인에게나 집단적으로나 심각한 결과를 초래할 수 있는데도 개인정보에 대한 통제나 보안이 취약하였다. 비슷한 기술이 브렉시트(Brexit, 영국의 유럽연합(EU) 탈퇴) 캠페인에도 이용되었다고 추정한다. 이제 우리는 무료 인터넷 같은 서비스는 존재하지 않음을 알고 있다. 우리가 그 대가로 치르는 것은 우리 자신, 우리가 생활하고 생각하는 방식을 정의하는 데이터이다. 광고의 홍수가 위험한 것이 아니라, 우리 민주주의의 변질이었음을 우리는 깨달았다.

둘째 사례는 독성이 첫째만큼이나 강하였지만, 사회적 스캔들은 훨씬 약하였다. 아마도 이 사안이 교육이라는 명분에 감싸여 있어서일지 모른다. 앞에서 논의된 바와 같이 2020년 3월 팬데믹이 창궐 하면서 강제적으로 거의 전 세계가 봉쇄됨에 따라 인간 활동의 큰 부분이 디지털 네트워크로 이동하였다. 세계 많은 나라에서 학교 교실을 폐쇄하기로 결정하자, 교육에서도 같은 변화가 이루어졌다. 사실 이 거대한 실험에 대해 다각도로 충분히 준비된 나라는 없었다. 온라인 교수 방법론에서도 그러하였고, 교수 훈련에서도 그러하였으며, 학생과 가족들에게 네트워크와 학습 도구, 교사 및 급우들 간 상호작용을 위한 지식 플랫폼에 익숙하도록 준비시키는 데도 그러하였다. 대다수 국가의 교육 시스템이 과정이 끝날 때까지 온라인 과정에 들인 노력은 비록 가상하였지만, 전반적으로 심각한 학습 손실을 초래하였다. 이처럼 갑작스럽게 준비되지 않은 상태에서 실시된 온라인 위주의 교육을 지속하기 위해 많은 정부가 교육 시스템의 모든 활동을 주관하기에 충분히 강력한 온라인 플랫폼에 눈을 돌리게 되었다. 전 세계 학생의 약 87%(150만 명 이상)가 온라인 시스템에 갇혔다.

비정부기구(NGO) 휴먼 라이츠 워치(Human Rights Watch)⁴는 최근 적어도 49개국에서 활용되고 있는 기술 플랫폼과 서비스의 많은 부분에서 학생들의 데이터가 당사자 동의 없이 상업적이거나 광고를 목적으로 넘겨져서 사생활이 위협에 빠지거나 직접 침해되었다는 분석을 내놓았다. 학생들이 온라인 수업을 듣는 동안 약 290개의 기술회사가 데이터를 수집하였다. 이들 기술회사는 심지어 온라인 수업 시간이 아닌 때에도 인터넷에서 학생의 온라인 여가 활동과 가족 및 친구들과의 관계를 추적하였다. 이 모든 활동에 대해 부모의 동의도 받지 않았다. 이들 플랫폼은 정부에 무료로 서비스를 제공하였으나, 이 속에 숨겨진 비용은 엄청났고 악의적이었다.

4 <https://www.hrw.org/report/2022/05/25/how-dare-they-peep-my-private-life/childrens-rights-violations-governments>

셋째 사례는 디스토피아(유토피아와 대비되는 전체주의적 정부에 의해 억압받고 통제받는 가상사회)를 향하여 가다가 예기치 못하게 (그리고 긍정적으로) 종료되었다. 이 사례는 미래를 들여다볼 수 있는 창이라고 여길 수도 있다. 캐나다 토론토에서 사상 처음으로 가장 야심 차고 꿈같은 디지털 시티 프로젝트가 논의되었는데(알파벳/구글의 자회사에 의해 추진), 수년 동안 이 프로젝트를 둘러싸고 정치권과 기업, 시민이 일대 논쟁을 벌였다. 이는 디지털 시티의 다양한 모델이 도달한 갈림길을 이해하는 데 가장 적합한 사례가 될 것이다.

온타리오 호수 변에는 이전에 산업시설이 자리하였던 면적 5헥타르(5만㎡) 정도의 공기업 소유 공간이 있다. 사이드워크 랩스Sidewalk Labs는 이 자리에 지속가능하고, 초연결되었으며, 경제적으로도 앞선 도시를 완벽하고도 모범적으로 건설해 보자고 제안하였다. 구상은 다음과 같았다. 건물은 목조로 짓고 사회적 주택의 비율을 높인다. 가급적 보행자 위주의 고품격 공공 공간을 조성하고 자율주행차와 대체 이동수단, 공공 교통수단을 주된 교통수단으로 삼는다. 청정에너지를 자체 생산하고 자원 순환 시스템이 포괄적으로 이루어진다. 재원을 확보하여 스마트시티에 특화된 기업들의 창업과 성장을 촉진하며 도시 혁신 연구실을 운영한다. 진흥 주체의 경제력과 기술력으로 고려하였을 때, 이는 21세기 도시 모델의 전위적인 전시장으로서 장관을 이룰 것이 분명하였다.

하지만 사이드워크 랩스가 토론토 투모로Toronto Tomorrow라고 명명하여 추진한 이 프로젝트는 2018년 초에 상세 계획이 처음 밝혀지면서부터 중차대한 시민들의 논쟁에 직면하였다. 세계에서 가장 앞선 도시 기술을 적용한 시범 지구가 제시하는 놀라운 전망 속에서 프로젝트 속 유비쿼터스 센서 네트워크 USN를 통해 포착된 정보를 누가 소유하고 활용하느냐의 문제를 둘러싸고 깊은 불신이 불거졌으며, 심해져 갔다. 토론토 시민들이 디지털 권리를 위해 싸움을 벌인 이후 케임브리지 어널리티카 사건과 같은 개인정보의 대량 조작을 둘러싼 스캔들이 발생하였다.

논란이 거세지자 토론토시 당국은 프로젝트에 제한과 요구를 가하였다. 결과적으로 사이드워크 랩스는 2020년 5월 팬데믹의 불확실성 상황으로 인하여 성공 가능성이 낮다는 근거를 들어 이 프로젝트를 포기하였다.

2년 뒤 토론토시는 키사이드(Quayside) 지역을 위한 새로운 프로젝트를 내놓았다. 새 프로젝트는 알맞은 비용의 주거, 도시 숲, 옥상 정원, 탄소배출 제로를 가능하게 하는 청정에너지, 토착 문화 전용 아트센터 등을 갖추기로 하였다. 이 같은 새로운 프로젝트의 특징은 어떤 이론적인 주장보다 미래 스마트시티의 전환점을 잘 설명해 준다. 토론토의 사례는 디지털 전환 프로젝트를 평가할 때 도시 우선순위의 척도를 이미 어느 정도 바꾸어놓았다. <MIT 테크놀로지 리뷰>는 이 사례를 보도한 최근 기사에 “토론토는 스마트시티를 영원히 죽이고자 한다”⁵는 제목을 달았다.

온타리오 주도인 토론토 시민들이 디지털 권리 활동으로 표출한 반대의 목소리는 근본적인 이슈로, 최근 수년간 세계 다른 곳에서 실행된 디지털 시티 프로젝트 중 다수에서 잘 해결되지 않았다. 중요한 논점은 다음과 같다. 첫째, 사생활 및 익명성 권리는 현대 도시의 생활에서는 불가결하다. 현재 도시가 유비쿼터스의 감시 비디오와 빅데이터, 인공지능으로 위협받는다는 점을 고려할 때 더욱 그렇다. 둘째, 도시 공간을 운영하는 데 있어서 공공의 역할과 민간의 역할이 혼동되는 문제가 있다. 셋째, 이러한 새로운 도전들에 대처할 탄탄하고 참여적인 거버넌스가 필요하다. 마지막으로 이미 우리의 개인적·직업적 정보 중 상당 부분을 통제하는 대형 기술 업체들이 그들의 ‘디지털 배당’을 포획함으로써 가까운 미래에 우리 도시에서 일어나는 일들의 지배자가 될 가능성에 대한 깊은 불신이 있다. 요컨대 토론토 사례가 우리에게 보여주는 것은 부⁵와 숙련된 일자리의 약속은, 설령 신뢰할 만할지라도 자신의 도시에서 시민들의 정보가 무단으로 사용될 수 있다는 가능성에 대한 우려를 보상하기에 충분하지 않다는 점이다. 또한 작가 조지 오웰의 상상보다 훨씬 더 강력한 정도로 도시가 빅브러더가 되는 데 대한 공공연한 거부감이 오늘날에는 더욱 정당화된다는 점이다.

5 <https://www.technologyreview.com/2022/06/29/1054005/toronto-kill-the-smart-city/>

디지털시티를 위한 시민들의 협상

지금까지의 논의가 의미하는 바는 도시가 공공서비스와 시민들의 관계를 향상시키기 위해 디지털 기술을 집중적으로 도입하는 움직임이 멈출 것이라는 분석이 아니다. 그보다는 스마트시티의 진정한 성공은 도시가 모든 기술적인 역량을 사회적·정치적 우선순위에서 봉사하는 데 투입하고 기술은 후선 부서에 남겨두기 전까지는 오지 않으리라는 점이다. 기술혁명이 잠재력이 크고 그에 못지않게 위험도 큰 기계가 되기 위해 30년 전의 자유주의 이상을 뒤로 남겨두었고, 그러자 기술 만능주의가 스마트시티의 명성에 손상을 가하였다. 스마트 기술에 의해 사회에 생성된 항체가 요구하는 것은 무엇인가? 디지털 기술의 어마어마한 잠재력을 긍정적으로 활용하는 일에서 더 진전을 이루기 위한, 스마트시티를 향한 접근의 변화이다. 하지만 이 새로운 접근은, 정치적이든 기술적이든 위로부터 정해질 수 없고 권력에 의해서도 정해질 수 없다.

도시를 위한 사회적 계약, 이를테면 뉴딜이 필요하다. 그에 따라 무슨 기술이 어떻게 어떤 목적으로 이용되는지 결정되어야 한다. 또한 무엇보다 기술의 남용과 오용의 가능성에 직면하여 어떻게 시민들이 신뢰하는 탄탄한 메커니즘을 생성해 낼지가 결정되어야 한다. 이 목적에 비추어 기술이 모든 도시 문제를 해결할 수 있다고 여기는 기존의 오만한 인식을 하향 조정하는 일이 중요하다. 그런 인식은 현실에서 참이 아님이 이미 나타났을 뿐만 아니라, 불신과 거부를 야기하는 기술 관료적이며 위압적인 언어로 표현된다. 아울러 만사형통의 제안은 피하고, 각 도시가 처한 특정한 정치적인 우선순위에 가까운 기술적인 해법을 도출하고 당면한 사회적 문제에 대해 더 큰 공감을 보여주는 편이 바람직하다. 스마트시티에 대한 논의는 민주주의를 잠식하는 수단이 아니라 민주주의 강화라는 목적, 도시 생활의 모든 영역에서 공공 영역과 집합적인 이익을 보호한다는 목적에 초점을 맞추어져야 한다.

얼마 전부터 스마트시티와 같이 앞선 전략을 구사하는 데 두각을 나타내온 도시들 가운데 다수가 이런 새롭고 더욱 전체적이며 더 사회적이고 더 정치적인 비전을 구현하기 위해 활발히 작업해 왔다. 그런 도시들 중에서도 암스테르담과 바르셀로나, 뉴욕, 베를린, 사라고사 등으로 이루어진 ‘디지털 권리를

위한 도시 연합Cities Coalition for Digital Rights’은 다음 문장을 포함한 원칙을 선언하였다. “우리는 사생활과 표현의 자유, 민주주의 같은 인권 원칙이 지역적으로 통제되는 디지털 기반 시설과 서비스에서부터 디지털 플랫폼에 설계되어 내재해야 한다고 강하게 믿는다.”⁶

오늘날 필수불가결해진 이 같은 목적을 향한 진전은 디지털 시대의 새로운 도시 문화 형성을 요구한다. 이를 위해서는 도시 설계와 운영에 대한 전통적인 지식에 디지털 기술이 열어놓은 가능성을 어떻게 결합할지 모색하고, 제안하고, 개발하는 일이 필요하다. 디지털 기술은 개인 간 관계에서부터 업무, 여가 생활, 교육, 공공행정과 관계에 이르기까지 빠른 속도로 모든 사람의 삶의 일부가 되었다. 우리는 시민의식civility 또는 도시성urbanity이라는 전통적인 개념을 생각해야 한다. 많은 언어에서 시민의식은 좋은 매너, 도시 생활의 일부인 사회관계 속에서 보이는 예의 바르고 정중한 행동 방식을 가리킨다. 그런 본원적인 의미로부터 훌륭한 도시 생활에서 필수적인 특성들로 확장되면서 도시성이라는 개념이 형성되었다. 도시성이란 궁극적으로 품위 있고 안전하며 잘 사는 생활을 위해 훌륭한 도시를 만드는 기술을 의미한다.

바르셀로나의 건축가이자 도시계획 전문가인 마누엘 데 솔라-모랄레스Manuel de Solà-Morales는 도시성을 만질 수 있고 물질적이며 형태를 갖춘 무언가와 언제나 연결된 무언가로 이해하였다. 그는 “도시성은 접촉과 시각, 감각, 기색으로 이루어졌다”고 말하였다. 그는 관계를 내포하는 것은 물질이라고 밝혔다. 그의 지론은 도시는 하나의 건축 프로젝트에 의해서가 아니라 엄청나게 다양한 건물과 공간에 의해 지어지며, 그렇게 형성된 도시의 외형은 도시에 이용 가치와 함께 관계 및 교환, 경험의 흐름을 제공한다는 것이다. 그는 이를 “중개 메커니즘으로서 도시의 힘”이라고 표현하였다. 요컨대, 그는 도시성을 “서로 만날 수 있는 가능성을 통해 도시 거주민들이 도시 사회에 참여하고 그 사회의 일부가 되도록 하는 혼합과 밀도의 결합”(데 솔라-모랄레스, 2008)이라고 보았다.

우리가 도시를 참여와 만남과 교환을 촉진하는 공간이라고 여긴다면, 이런 활동을 극대화하는 네트워크와 기기를 도시와 분리할 수 없다. 재택근무와 디지털 유목민의 업무 방식, 온라인으로만 이용 가능한

6 <https://citiesfordigitalrights.org/declaration>

공공서비스와 관련된 많은 사람이 없는 도시를 상상할 수 없는 것이나 마찬가지다. 새로운 도시성은 도시 설계와 운영에 활용되는 디지털 기술의 지식과 실행에서 활용과 결과를 어떻게 융합할지 상상해야 한다. 또한 기반시설과 공공 및 민간 공간을 융합해야 한다.

우리는 여러 세기 동안 도시를 매력적으로 만든 미덕을 지키고 유지하는 그런 도시를 상상해야 한다. 아울러 연결된 시민의 새로운 행동과 요구에 적응하면서 크고 독특한 건물이 있는지가 아니라 사람들의 흐름과 행복에 신경을 쓰는 도시를 상상해야 한다. 이들 중 많은 부분은 우리가 앞으로도 노력해야 할 것들이다. 왜냐하면 우리는 새로운 행동양식인 스마트폰 연결과 메타버스의 가상현실 속 소통, 증강현실로의 강화 등이 계속 채택되는 도시의 거주민으로서 우리 자신에 대해 계속 배워 나가고 있기 때문이다.

하지만 우리에게 새로운 디지털 시민의식이 필요함은 분명하다. 그리고 무엇보다 윤리 및 행동 규범을 마련하여 우리의 권리와 자유와 데이터를 보호하고 계속해서 선량하고 믿을 만한 시민으로 행동하도록 안내해야 한다.

우리는 모든 시민이 디지털 서비스를 활용하는 실질적인 가능성을 갖도록 하는 일을 다시 활성화해야 한다. (팬데믹 이후 그렇지 않음이 드러났다. 구매력이 낮은 사회 영역의 사람들을 포함하여 대다수가 스마트폰을 갖고 있지만, 나이가 많은 사람 중에서는 온라인 서비스 접속에 필요한 지식과 기술이 전무한 경우가 많다.) 개방형 혁신 과정을 더 발전시켜 시민들이 더 심도 있게 참여하도록 할 필요가 있다. 예를 들어 공공 서비스를 설계하기 시작하는 단계에서부터 기여할 기회를 제공할 수 있다. 새로운 환경, 에너지, 보건, 식량 도전에 처한 도시의 회복력을 확인하기 위해 전체 디지털 기반시설을 점검하고 보강할 필요도 있다. 지금 필수불가결한 과제는 도시의 지속가능성 보장에 단호한 진전을 이루는 것, 우리 도시를 재자연화하는 것, 큰 제약에 처한 환경 속에서 사회적으로 포괄적인 모델을 만드는 것이다.

이는 복잡적이고 어려운 과제로, 우리가 그것을 뒷받침할 폭넓은 사회적 합의를 적극적으로 추구할 때에만 성공할 수 있다.

| References |

1. Arnal, J. C. & Sarasa, D. (2021) Ciudad abierta, ciudad digital. Madrid. Catarata
2. Castells, M. (1997). La era de la información. Madrid. Alianza Editorial
3. De Solá-Morales, M. (2008). Of urban things. Barcelona, Gustavo Gili. Contribution by Ibelings, H
4. González-Leonardo, M. & López-Gay, A. (2021). From rural exodus to interurban exodus of university graduates: the second wave of depopulation (<https://ddd.uab.cat/record/238009>). Barcelona. Universitat Autònoma de Barcelona
5. Himanen, P (2002). La ética del hacker y el espíritu de la era de la información. Barcelona, Ediciones Destino
6. Robert D. Atkinson; Mark Muro and Jacob Whiton (2019). The case for growth centers: How to spread tech innovation across America (<https://www.brookings.edu/research/growth-centers-how-to-spread-tech-innovation-across-america/>). Brookings Institution
7. Rosenberg, D. (2022). The clones of Silicon Valley. Madrid. Pearson Educación

Putting People at the Centre of Smart Cities

사람 중심의 스마트시티

쉬프라 나랑 수리 폰투스 웨스터버그 손덕환

*Shipra Narang Suri
Pontus Westerberg
Son, Dukhwan*



쉬프라 나랑 수리 Shipra Narang Suri는 현재 유엔해비타트 도시정책국장으로 있다. 앞서 유엔해비타트 도시계획·디자인국 조정관, 유엔해비타트Ⅲ 파트너, 국제도시·지역계획가협회 International Society of City and Regional Planners, ISOCARP 부의장 등을 역임하였다.

Sppra.narang-suri@un.org

폰투스 웨스터버그 Pontus Westerberg는 현재 유엔해비타트 프로그램 관리관으로 일한다. 앞서 글로벌저스티스나우에서 디지털통신관리관으로 일하였고, 그 전에는 소셜인베스트비즈니스의 웹사이트를 관리하였다.

Pontus.westerberg@un.org

손덕환 Son, Dukhwan은 현재 유엔해비타트에서 고위 프로그램 관리자로 재직하고 있다. 앞서 국토교통부 대도시권광역교통위원회 광역교통정책과장, 국토교통부 지역정책과장, 국토교통부 물류시설정보과장 등으로 일하였다.

Duk.son@un.org

● 초록 ●

디지털 전환은 지속가능한 도시 개발에서 피하지 못할 필요조건이 되었다. 지난 10년간 인터넷과 기술에 대한 안전하고 실행 가능한 접근은 사회 변화에 충분히 참여할 수 있는 전제가 되었다. 예컨대 전자정부와 교육기관, 알맞은 비용의 주거, 의료 약속, 온라인 서비스 등을 포함한 활동의 전제가 되었다. 이 같은 사회적 흐름은 그러나 디지털 격차를 심화하여 인터넷에 연결하지 못하는 사람들을 소외시키고 있다. 게다가 지난 수년 동안 도시 기술과 오픈 데이터, 디지털 플랫폼 같은 디지털 혁신이 사람들이 도시에 대해 이해하고 도시를 운영하고 도시에 참여하는 방식을 바꿔놓았다.

많은 스마트시티와 도시 디지털 프로젝트들은 현재의 주요 도시 개발 추세를 통한 디지털화의 중요성을 인식하면서도 아직 강하고 효율적인 사람 중심 접근을 하지 못하고 있다. 사람 중심 디지털 전환을 시도하는 단계에서조차 자원과 직원 교육, 시설의 수용 능력 측면에서 문제에 직면한 지방자치단체가 많다. 나아가 시민사회와 시민, 도시 내 공동체가 스마트시티로의 이행을 둘러싸고 우려를 제기하고 있는데, 그 대상은 투명성과 데이터 감독, 디지털 공공재의 사적인 소유, 여성·이민자·젊은 층 등 가장 주변화된 계층에 직접 타격을 주는 포용 결여와 같은 이슈이다.

많은 시 정부가 더 지속가능하고 포용적이며 공동체에 기반을 둔 도시를 건설할 필요성을 받아들이는 가운데, 더 나은 글로벌 스마트시티 비전을 이루려면 여러 이해관계자의 협력이 필요함을 인식하고 있다. 이런 전반적인 인식은 전 세계 모든 도시에 도움을 줄 탄탄한 글로벌 설계도를 그리는 데 중요하며, 사람 중심 접근을 바탕으로 할 것이다.

유엔해비타트는 2020년에 ‘사람 중심 스마트시티 *People-Centered Smart Cities*’라는 주력 프로그램을 출범시킴으로써 이미 사람 중심 스마트시티 접근을 실행하기 위한 뚜렷한 발걸음을 내디뎠다. 이 프로그램은 디지털 기술의 혜택이 모든 참여자에게 돌아가고 스마트시티가 기술과 데이터 투자를 도시 개발 우선순위에 일치시키는 것을 확실히 함으로써 사람 권리 존중에 초점을 맞춘다.

주력 프로그램의 출범에 이어 유엔해비타트는 스마트시티 비전을 위한 여섯 개의 실행계획을 발표하였다. 이들 실행계획은 사람 중심 스마트시티 프로그램이 기초로 삼을 다섯 기둥, 즉 시민에게 권한 부여와 기술

접근성의 균등화, 데이터와 디지털 기반시설 운영의 책임성, 디지털 자산의 안전한 관리를 통한 신뢰 형성, 여러 이해관계자의 역량 형성을 제시한다. 6개 실행계획의 주제는 “스마트시티에서 사람을 중심에 놓기와 디지털 격차 평가, 디지털 격차 해소, 스마트시티에서 공동 창조와 협력의 형성, 디지털 공공 기반시설의 건설과 안전한 운영, 사람 중심 스마트시티를 위한 수용 능력 형성”이다. 이들 실행계획은 지자체 간부들과 실무진이 유엔해비타트의 더 사람 중심적인 스마트시티 비전을 이해하고, 이 모델을 자기네 지역에서 실행하는 데 있어 도구가 되고자 하는 취지에서 작성되었다.

유엔해비타트는 나아가 ‘국가 도시정책 프로그램(National Urban Policy Program, NUPP)’을 통해 회원국이 더욱 지속가능하고 포괄적이고 사람 중심적인 도시 개발 프로그램을 개발하도록 지원하고 있다. 이 프로그램은 안전하고 지속가능하며 포용적인 도시 변화를 위해 매우 중요한 수단으로 여겨지고 있다.

이 논문은 이런 관점을 고려하여 스마트시티의 역사를 간략하게 훑어보고, 사람 중심 스마트시티 비전을 제시하며 사례를 분석한 뒤 유엔해비타트가 개발한 사람 중심 스마트시티를 위한 주력 프로그램의 다섯 기둥을 제시함으로써 스마트시티 내의 사람 중심 접근과 관련한 특별함을 살펴보고자 한다. 그럼으로써 사람 중심 스마트시티 비전과 관련하여 국제적인 지침을 만들어내는 작업에 대한 대화를 열고자 한다. 그 지침이 유엔 회원국 사이에 공유되어 우리 사회가 경험하고 있는 현재의 디지털 전환 속에서 더 낫고, 더 지속가능하며, 더 포용적인 도시를 위한 표준이 되기를 희망한다.

키워드

디지털, 지속가능성, 스마트시티, 포용, 국가도시정책

● ABSTRACT ●

Digital transformation has become an unavoidable requisite in sustainable urban development. During the past decade, having a safe viable access to internet and technology has become a specification for people to be able to fully participate in society changes, including access to e-administration, academia, affordable housing, healthcare appointments or online services. This social trend increases the digital divide for people who do not have access to internet. Furthermore, in recent years, digital innovations like civic technology, open data, digital platforms have changed how people understand, manage and participate in cities.

Recognizing the importance of digitalization through current major urban development trends, many smart cities and urban digital projects currently lack a strong and efficient human-centered approach. Many local governments face issues in terms of resources, staff-training and capacities to even start their people-centered digital transformation within their own territories. Furthermore, various concerns towards smart cities are frequently raised by civil societies, citizens and communities within cities, targeting transparency, data surveillance, private ownership of digital public goods or a lack of inclusion that directly impacts the most marginalized groups such as women, migrants or the youth.

Taking into account the necessity of building more sustainable, inclusive and community-based cities, many municipalities recognize that a multi-stakeholder cooperation is needed to build a better global smart city vision. This overall view shall center the human approach in its foundations as it is crucial to build a solid global outline that will benefit all cities all over the world.

UN-Habitat has already taken clear steps towards the implementation of a

human-centered smart city approach by launching a new flagship programme in 2020 called “People-Centered Smart Cities”, which focuses on respecting human rights, ensuring that the benefits of digital technologies serve all populations and that smart cities align investments in technology and data with urban development priorities.

Following the launch of this flagship programme, UN-Habitat has published a series of six playbooks dedicated to the People-Centered Smart Cities vision. These six playbooks present the five founding pillars of the People-Centered Smart Cities programme which are empowering people, making access to technology equitable, responsibly managing data & digital infrastructure, building trust by securing digital assets and building multi-stakeholder capacity. All playbooks have different topics such as centering people in smart cities, assessing the digital divide, addressing the digital divide, shaping co-creation & collaboration in smart cities, building & securing digital public infrastructure and building capacity for people-centered smart cities. These playbooks are meant to be tools for local representatives and staff to be able to understand UN-Habitat’s vision on more human-centered smart cities and how to implement this model in their own territories.

Furthermore, UN-Habitat is working directly with Member States by supporting them to develop more sustainable, inclusive and human centered visions in their urban development programmes through National Urban Policies, as a national urban policy tool is considered to be one of the greatest instrument to develop safe, sustainable and inclusive urban changes.

Regarding these perspectives, this paper sheds a light on the specificities related to a human-centered approach within the smart city, through a brief history of smart cities, a

presentation of the people-centered smart cities vision, a case study and the presentation of the five pillars of the People-Centered Smart Cities flagship programme developed by UN-Habitat. Finally, it opens the dialogue about creating an international guideline towards a people-centered smart cities vision that would be shared between all UN Member States and create an overall standard for better, more sustainable and inclusive cities within the current digital transformation our society is going through.

KEYWORDS

Digital, Sustainability, Smart cities, Inclusion, National urban policy

시작하며

디지털 전환은 현재 지속가능한 도시 개발의 요구를 충족하는 데 있어서 중요하다. 지난 10년간 인터넷 접근성은 사회 변화에 충분히 참여할 수 있는 전제가 되었다. 예를 들어 교육과 알맞은 가격의 주거, 주요 정부 서비스 등을 포함한 활동의 전제가 되었다. 그런데도 2019년 현재 세계 인구 중 37억 명이 오프라인 상태에 놓여 있다.¹ 지난 수년 동안 도시 기술과 오픈 데이터, 디지털 플랫폼 같은 디지털 혁신이 사람들이 도시에 대해 이해하고 도시를 운영하고 도시에 참여하는 방식을 바꿔놓았다. 코로나19는 디지털 격차, 특히 소외 계층의 정보 격차를 좁혀야 하는 지방 정부와 중앙 정부의 정책에 시급성을 더해주었다. The New Urban Agenda(2016)는 포용적이고 탄력적인 스마트시티의 기초로서 ‘디지털화와 청정에너지, 기술’을 채택할 것과 ‘시민 중심 디지털 지배구조’를 요구한다.

하지만 스마트시티 영역을 살펴보면 이런 요구에서 벗어난 사례가 많이 보인다. 즉 기술이 도시나 그 안에 거주하는 사람들, 합의된 지속가능성 목표 등의 진정한 요구를 고려하지 않은 채 비판 없이 적용되는 경우가 많다. 동시에 그런 요구를 충족시킬 적절한 기술을 획득하는 데 필요한 역량과 자원, 전략적 비전이 없는 도시와 지방 정부가 많다. 스마트시티를 향한 10~15년 전의 원대한 야심은 아직 온전히 실현되지 않았다. 우리가 그 대신 보는 추세는 감시와 디지털 공공재와 기반시설의 사유화, 인공지능에 의해 실행되는 자동 의사결정을 통한 차별로 향하고 있다. 도시가 이들 신기술의 시험장이 되면서 스마트시티 틀 속에서 발생할 수 있는 관리 및 투명성의 결여와 잠재적인 인권 침해의 가능성에 대한 우려가 커지고 있다.

이를 인식한 여러 참여자들이 최근 수년 동안 스마트시티는 더 넓은 공공부문의 디지털 전환 노력 및 ‘정부 기술gov tech’과 ‘도시 기술civic tech’, ‘열린 정부open government’ 정책을 포함한 더 넓은 디지털 개발 어젠다와 일치할 필요가 있다고 주장하였다. 그들은 또한 스마트시티가 개인 데이터 활용 및 감시에 대한 사람들의 우려를 심각하게 받아들이고 그동안 노력한 것에도 불구하고 국가 간, 국가 내, 도시 내 디지털 격차의 간극은 여전히 큰 게 현실임을 인식해야 한다고 주장하였다. 스마트시티는

1 UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 2, PP8

새로운 사고를 주입해야 할 필요가 분명해 보인다.

일부 진전은 있었다. 더 영향력이 있고 포용적이고 지속가능하며 사람 중심적인 스마트시티 ‘수원지’를 향한 움직임이 나타나고 있다. 독일과 브라질 같은 나라에서 제정된 국가 스마트시티 헌장은 디지털 전환이 도시 개발 목표와 긴밀히 정렬되어야 한다고 주장한다. 또한 디지털 전환은 공개적이고 투명한 지배구조와 전략적 리더십, 디지털 참여, 포용, 통합, 디지털 기반시설에 대한 접근성 확보, 책임 있는 데이터 운영에 초점을 맞출 필요가 있다고 주장한다.

스마트시티의 간략한 역사

기술이 공공 및 개인 생활의 더 많은 영역에 융합되면서 도시계획의 주요 요소, 예를 들어 모빌리티와 에너지, 보건의료, 환경, 물리적 기반시설을 최적화할 기회가 발생한다. 스마트시티에서는 생활의 이런 요소가 최적화와 효율, 편의를 목적으로 삼는 기술에 의해 향상된다. 스마트시티 기술은 분석하는 지능형 플랫폼에 새로운 데이터 흐름을 창출하여 더 나은 행동 및 성과 통찰력을 얻을 수 있게 한다. 2026년 전 세계의 스마트시티 시장에 대한 지출액은 8,207억 달러에서 2조 5,000억 달러로 예상하고 있다.²

스마트시티는 어디에서 왔나? 스마트시티의 진화를 설명하는 여러 가지 모델이 나왔고, 각각의 용어와 연대표는 다르다. 유엔해비타트는 스마트시티 발전을 네 단계, 즉 ‘연구자의 스마트시티’와 ‘마케터의 스마트시티’, ‘시민의 스마트시티’, ‘소비자의 스마트시티’로 파악한다.

첫 단계는 1980년대에 등장하였다. 이 국면을 설명하기 위해서는 시기를 거슬러 올라가야 한다. 제2차 세계대전 이후 사람들이 도시를 어떻게 상상하는지와 관련해서 기술이 주요 역할을 하였다. 1960년대에 인터넷이 탄생하고, 1970년대 들어 컴퓨터 활용이 늘면서 컴퓨터 기술을 활용한 도시 변수 측정과 계량화가 증가하였다. 1980년대 이후 연구자들은 컴퓨터를 도시계획에 활용하는 가능성을 탐색하기

2 UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 3, PP15

시작하였고, 이에 따라 ‘연구자의 스마트시티’가 등장하였다.

1990년대와 2000년대 초 도시에 대한 정보의 활용 가능성이 증가하면서, 새로운 도시계획 세대가 디지털 기술을 활용하여 도시 과정을 최적화하는 데 초점을 맞추기 시작하였다. 이 무렵 스마트시티를 만들기 위한 시장 기회가 점차 뚜렷해지면서 스마트시티 민간 부문에 대해 최초로 언급되기 시작하였다. 비록 ‘스마트시티’라는 용어가 문헌에 등장한 시기는 1990년대로 거슬러 올라가야 하지만 주류 논의에 들어선 시기는 2010년이였다. 당시 IBM은 ‘스마트시티 챌린지 Smarter Cities Challenge’를 시작하였는데, 이 사업의 목표는 지방 정부와 개발자들에게 도시 기반시설에 대한 기술적인 지원을 제공하는 것이었다. IBM 외에 다른 몇몇 회사들도 이 흐름에 합류하면서 스마트시티의 둘째 단계인 ‘마케터의 스마트시티’가 시작되었다.

셋째 단계인 ‘시민의 스마트시티’는 둘째 단계에 대한 비판에서 대두되었다. 2010년대 초 주민과 연구자, 공공 당국자들은 스마트시티 기술의 활용에 뚜렷한 목적이 결여되어 있으며 민간 부문 이익에 의해 주도되어 왔음을 인식하기 시작하였다. 이들 그룹은 스마트시티의 척도를 공공이 더욱 통제하는 쪽으로 움직이는 방안을 모색하였다. 그러려면 스마트시티 정의부터 확장하여 공공 참여와 교육, 공공 보건, 데이터 지배구조, 디지털 포용 등을 포함해야 하였다. 이들 개념은 기반시설보다 정부 서비스를 더 중심에 두었고 클라우드소싱과 오픈 데이터, 시민 과학, 도시 기술, 소셜 미디어를 통해 시민 참여도를 제고하는 기술의 역할을 강조하였다.

그러는 동안 미국 캘리포니아의 실리콘밸리와 중국의 선전을 포함한 기술 분야 허브가 성장하고 2000년대 말에 스타트업 문화가 확산되면서 기술 회사들이 자기네 시장을 창출하는 플랫폼으로서 도시를 지렛대로 삼기 시작하였다. 여러 기술회사들이 전통적인 기관을 건너뛰고 디지털 애플리케이션을 활용하여 택시나 주거 같은 소비자 대상 서비스를 직접 제공하면서 낡은 사업 모델과 규제 구조 및 시스템을 붕괴시켰다. 넷째 단계인 ‘소비자의 스마트시티’는 지방 정부가 어떻게 시정을 운영하는지에 대한 표준에 증대한 도전을 제기하였다. 여러 이슈 가운데 몇몇을 꼽아보면 교통에 대한 공공의 권한과 지역을 초월한 데이터 수집, 조세 등이다.

좀 더 최근 들어서는 처음 기대만큼 스마트시티의 첫 물결이 도시 개발에 깊고 유의미한 영향을 주지 않았다는 인식이 커졌다. 통상적인 사업에 기술만 얹은 유형의 스마트시티 프로젝트가 많았는데, 이는 종종 기술 판매업자들이 지방 정부에 디지털 기반시설을 판매하려는 노력으로 나타났다. ‘스마트’라는 명칭을 주로 브랜드로 활용하면서 좋은 도시화의 원칙에 대해 적절히 고려하지 않은 그린필드 개발 프로젝트([greenfield development projects](#))들도 있었다. 데이터와 인공지능, 폐쇄형TV(CCTV) 등 기술을 인권 존중 없이 도시를 통제하는 방편으로만 활용하는 스마트시티 프로젝트 사례들도 있다.

이런 우려에 따라 도시 개발에서 기술이 지니는 가치를 놓고 새로운 논쟁이 벌어졌다. 스마트시티로의 접근은 더 공정하고 포용적이며 평등해야 하고, 이를 위해서는 공공 참여와 공동 창조, 지방 정부 역량 형성, 손에 잡히는 결과 성취 등에 초점을 맞추어야 한다는 요구가 제기되어 왔다. 이런 해석에 따르면 기술의 역할은 수동적인 소비자이던 주민들을 도시 환경 속 기술의 활용과 개발에 있어 능동적인 기여자로 변신시키는 것이어야 한다.

정보 접근 및 통제에서 나오는 힘을 이해하게 된 비판자들은 특히 스마트시티 데이터를 더 공적으로 소유하고 통제해야 한다고 요구하고 있다. 이 논쟁은 2019년 결정적인 전환점에 이르렀는데, 알파벳(구글의 모회사)의 계열사인 사이드워크랩스([Sidewalklabs](#))가 캐나다 토론토의 온타리오호 주변에 위치한 이전 산업단지를 ‘스마트’ 공동체로 재개발하는 프로젝트에서 널리 비판을 받으면서다. 데이터 소유와 사생활을 둘러싼 우려가 비판의 중심에 있었고, 결국 프로젝트는 철회되었다.³ 대규모 기술회사들이 인공지능과 감시 기술의 윤리 문제를 해결하지 못하면서 감시 기술과 알고리즘 의사결정의 편향에 대해 대중이 깨닫게 되는 가운데 코로나19에 대한 대응이 그런 경각심을 키웠고, 이는 전통적인 스마트시티 틀을 재고하게 되는 요인이 되었다.

3 UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 1, PP14

사람 중심의 스마트시티를 향하여

580만 스마트시티를 향한 새로운 접근이 필요하다는 목소리가 점점 더 커지고 있고, 그 목소리는 국가 단위에서, 도시에서, 시민사회에서, 유엔 시스템에서, 아울러 몇몇 기업에서 나오고 있다. 새로운 접근이란 건설한 도시계획 원칙과 지속가능성 목표, 실질적인 도시 과제 등에 기초를 두고 적절한 기술을 고려하는 방식을 가리킨다.

유엔의 2022년 4월 새로운 도시 어젠다를 주제로 한 고위급 회의에서 몇몇 회원국은 디지털 전환에서 사람 중심의 접근을 주장하였고, 디지털 전환의 위험을 해소하고 도전에 대응하면서 그 이익을 제어할 필요가 있다고 강조하였다. 그들은 디지털 연결성 향상에 더하여 지역사회와 개인이 필요한 기술과 디지털 문해력을 갖추도록 하는 지원, 디지털 금융 포용, 국제 협력 강화 등이 필요하다고 말하였다. 예를 들어 아프리카국가 그룹 [Group of African States](#)은 적절한 주거 제공과 디지털 격차 해소를 통해 불평등에 대응할 필요가 있다고 강조하였다. 한국은 자국 내 도시들이 21세기를 위한 사람 중심의 스마트 그린 시티를 추구할 때 지켜야 할 원칙을 국가적인 계획 속에서 제시하였다고 강조하였다.

우리가 스마트시티 발전의 새로운 국면에 들어서고 있음은 확실하다. 그 국면은 이전 국면 위에 형성되지만 사람들을 중심에 둔다는 점이 훌륭하다. 사람 중심 스마트시티는 데이터와 기술, 공공재 서비스를 지렛대 삼아 21세기가 필요로 하는 포용적이고 지속가능한 도시를 조성한다. 그런 스마트시티는 인권을 신장하기 위해 기술을 활용하고 디지털 격차를 극복하기 위한 조치를 취한다. 아울러 성취하고자 하는 목표와 극복하고 싶은 도전에 대해 전략적으로 사고한다. 그런 다음 목표를 이루는 데 어떤 데이터의 종류와 디지털 기술, 혁신이 필요한지 면밀하게 궁리한다. 이는 정부가 전략적인 스마트시티 계획에 관여하고 도시 역량을 갖추며, 스마트시티 거버넌스 프레임워크를 형성하고 모든 기술 프로젝트가 삶과 환경의 질 측면에서 어떤 영향을 주는지에 따라 평가되도록 보장하는 데 있어서 새로운 접근을 요구한다.

쉬운 일이 아니다. 오늘날 많은 국가의 정부와 지방 정부가 처한 스마트시티의 배경은 복합적이다. 많은 도시가 새롭지만 테스트된 적 없고 규제받지 않은 기술의 시험장이 되어왔고, 그에 따라 지방 당국은 도시 생활을 사전에 대책을 강구하여 설계하는 대신 파괴적인 추세에 대응하도록 강요해 왔다. 그 결과 많은 도시가 오늘날 기술 산업을 계속해서 따라잡아야만 하였다. 스마트시티 기술로 방대한 데이터가 창출되자 세계적으로 사이버보안과 사생활 보호, 감시를 둘러싼 논의가 촉발되었다. 따라서 지방 정부는 행정의 디지털 기반시설을 개량하고 데이터 보안을 유지하며 디지털 시대의 인권 보장을 요구받게 되었다. 사물인터넷(Internet of Things, IoT)으로 가로등과 에너지 계량기 같은 기반시설을 디지털로 바꿀 기회가 창출되었지만, 동시에 새로운 사이버보안 취약성도 발생하였다. 도시는 이 취약성을 보완하기 위한 역량을 키워야 한다. 그 결과 집행되는 디지털 기반시설의 새로운 계층에 대한 대규모 투자는 시 예산에 추가 부담을 준다. 한편 계획에 없던 지출은 디지털 서비스가 덜 이용되거나 잘못 배치되는 결과를 낳을 수 있다.

하지만 도시와 공동체가 사람 중심 스마트시티 접근을 실행하는 방향으로 움직이는 모범 사례도 있다. 바르셀로나시의 디지털시티 계획을 예로 들 수 있다. 도시와 시민을 대상으로 기술을 더 민주적으로 적용하기 위해 수립한 이 계획은 시가 디지털 서비스를 기민하게 제공하고, 데이터를 책임 있게 윤리적으로 활용하면서 기술적 주권과 자유롭고 개방적인 소프트웨어와 개방형 표준으로 이동시키는 방법을 제시한다. 이 계획에는 공공서비스를 기본적으로 시민의 필요와 경험에 따라 주도되는 디지털 서비스로서 설계한다는 내용이 있다. 이 계획은 또 개방형 표준과 상호운영성 구조에 초점을 맞추고 있으며 그럼으로써 판매자와 공급자 의존성을 최소화하면서 혁신을 촉진할 수 있다.

유엔헤비타트는 2020년에 '사람 중심 스마트시티(People-Centered Smart Cities)'라는 새로운 주력 프로그램을 출범시켰다. 우리는 이 명칭을 신중하게 선택하였는데, 다음 세 가지를 부각하고자 하는 의도에서였다. 첫째, 인권의 중요성이다. 사람 중심 스마트시티는 기술과 데이터를 책임성 있게 활용한다. 즉 개인 데이터를 활용할 때 기준과 표준을 따르고 윤리적 틀에 따른 기술 활용을 유도하며, 감시 기술에 대한 투자를 선택하였을 때에는 공공의 혜택을 분명히 하기 위해 비용편익 원칙을 강하게 적용한다. 둘째, 사람 중심 스마트시티는 디지털 기술의 혜택이 모든 사람에게 돌아가도록 하고 구성원 모두에게



그림 1. 유엔 지속가능발전목표 17가지

국제전기통신연합ITU이 말하는 ‘유의미한 연결성’을 보장한다. 이를 더 상세하게 서술하면, 사람 중심 스마트시티는 모든 공동체가 적당한 비용의 인터넷에 연결됨을 보장하고 디지털 리터러시(문해력)를 형성하는 알맞은 프로그램을 도입하며 디지털 공공 참여와 공동 창조 과정을 실행함으로써 디지털 격차를 적극적으로 평가하고 해소한다. 마지막으로 사람 중심 스마트시티는 기술과 데이터 투자를 도시 개발 우선순위, 즉 적절한 비용의 주거와 포용적인 도시계획, 친환경적이고 비용이 알맞은 교통과 같은 가치에 맞춘다. 이를 위해서는 효율적인 리더십과 뚜렷한 디지털화 계획, 적절한 거버넌스 프레임 워크, 정보통신기술ICT 관계자뿐 아니라 시 공무원들의 디지털 역량 강화가 필요하다.

사례 연구: 국가 도시정책의 사람 중심 스마트시티 접근 방법

유엔해비타트가 회원국들이 도시 개발에 지속가능하고 포괄적이며 사람 중심적 접근법을 시행할 수 있도록 지원하는 방법 중 하나는 국가 도시정책을 통한 것이다.

국가 도시정책이 도시화를 안내하고 운영하는 수단으로서 정부에 중요하다는 사실은 내셔널 도시 어젠다(National Urban Agenda, NUA)의 80조에 다음과 같이 반영되었음에서 알 수 있다.

“우리는 평등과 비차별의 원칙에 바탕을 둔 법적·정책적 틀을 제정하기 위한 조치를 취하고, 국가 도시정책 프로그램을 효과적으로 실행하는 정부의 역량을 향상시키려는 노력을 기울이며, 보충성의 원칙을 기초로 적절한 재무적·정책적·행정적 분권화를 보장함으로써 정부에 정책 입안자이자 의사 결정자로서의 권한을 주고자 한다.”⁴

유엔해비타트는 지난 6년 동안 여러 파트너와 함께 회원국이 국가 도시정책을 입안하는 과정을 돕기 위한 수단을 개발해 왔다. 유엔해비타트와 경제협력개발기구(OECD), 도시연합(Cities Alliance)은 2016년에 국가 도시정책 프로그램을 출범시켰다. 대한민국 정부가 재정 지원한 이 프로그램은 해당 국가의 국가적인 도시정책 개발을 지원한다.

- 국가 도시정책 프로그램은 1차로 이란과 미얀마, 나이지리아에 적용되었다. 그 목적은 i) 도시 정책을 국가 정책과 지방 정책 속에서 개발하고 실행하며 평가할 수 있는 중앙 정부와 지방 정부의 역량 향상, ii) 도시정책과 스마트시티 전략을 개발하고 실행하며 관찰·평가하는 지식과 수단의 중앙화 제고, iii) 도시정책, 스마트시티 전략과 관련하여 지식 공유와 동료 학습 활동의 기회 제공에 있다. 이 프로그램은 이들 3개국에 2017년부터 실행되었고, 글로벌 차원과 해당 국가 차원 모두에서 중요한 진전을 이루었다.

유엔해비타트는 현재 2차 프로그램을 준비하고 있다. 2차의 초점은 사람 중심 스마트시티를 국가 도시 정책 프로그램을 통해 확장하는 데 맞추어져 있다. 즉 도시정책 과정과 사람 중심 스마트시티에서 지속 가능하고 포용적인 디지털 전환을 어떻게 확산할지에 초점을 둔다. 2차 대상 국가는 모잠비크와 이집트, 아제르바이잔, 캄보디아, 파라과이이다.

4 Omoyele Williams, Remy Sietchping, National Urban Feasibility Guide, 2018, PP8

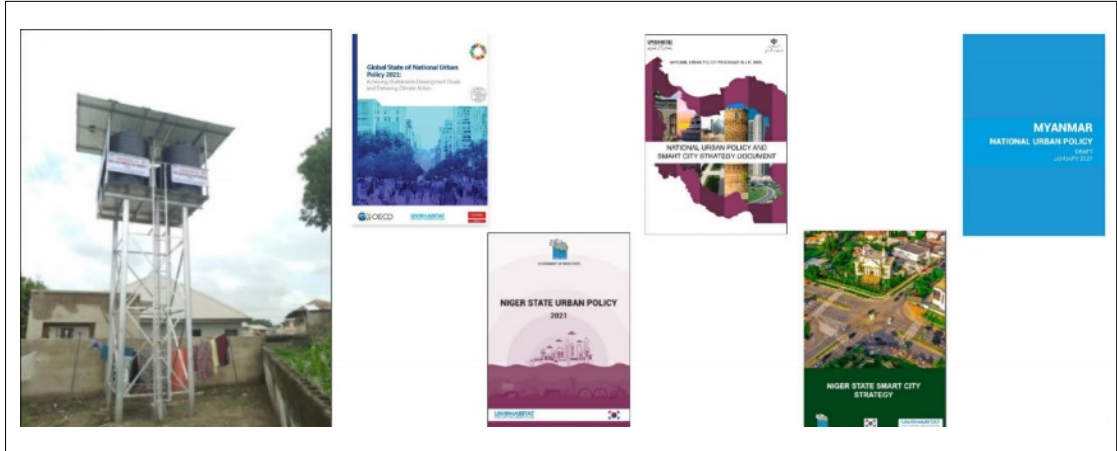


그림 2. 나이지리아에서의 실증 프로젝트: 'Smart-Metered Solar Borehole'

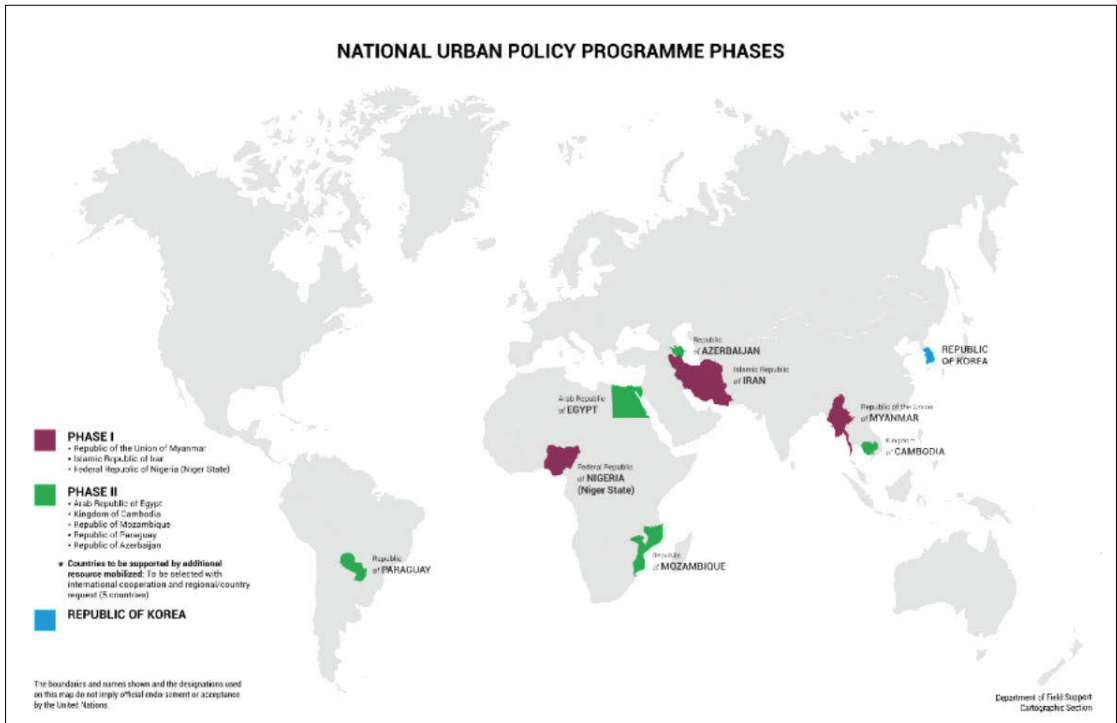


그림 3. 국가 도시정책 프로그램 단계

사람 중심 스마트시티의 다섯 기둥

사람 중심 스마트시티 비전의 중심은 디지털 기술이 도시 환경과 삶의 질을 향상시키면서 기술의 부정적이거나 의도하지 않은 영향을 최소화하는 데 두어야 한다. 사람 중심 스마트시티 비전을 실현하는 데에는 다섯 개의 기둥이 필요하다. 이 개념의 초안은 스마트시티에서 사람을 중심에 놓기(Centering People in Smart Cities) 보고서에서 제시되었다.

기둥 1: 시민에게 권한 부여

사람 중심 스마트시티를 조성하려면 지방 정부는 기술 관련 의사결정이 이루어지는 방식을 바꾸어야 한다. 스마트시티는 공개되고 투명하며 접근 가능하고 상호운영 가능한 디지털 공공재를 제공해야 한다. 지방 정부가 이를 효과적으로 수행하려면 디지털 거버넌스, 즉 조직의 디지털 존재에 있어서 책임성과 역할, 의사결정 권한의 틀에 더 초점을 맞추어야 한다. 좋은 디지털 거버넌스는 공공서비스를 위한 데이터와 기술의 개발과 평가, 구매, 활용 방식을 통제하는 지방 정부와 시민의 역량이 향상되는 결과로 이어진다.

스마트시티는 기술과 데이터에 의존하지만, 이들 기술이 어떻게 작동하는지와 관련하여 유용한 정보를 제공하거나 도시에서 생성되는 데이터를 이용 가능하도록 공개하는 곳은 거의 없다. 개방형 표준은 이 간극을 좁히고자 하는데, 방법은 디지털 시스템의 기술적 정보를 대중에게 제공하는 것이다. 예를 들면 오픈소스 프로젝트 중에 '장소와 루틴을 위한 디지털 퍼블릭 트러스트(Digital Public Trust for Places and Routines, DTPR)'가 있다. 이는 미국 보스턴의 새로운 도시 공학 사무소(Office of New Urban Mechanics) 등이 구성한 연합에 의해 개발되었고, 공공 공간의 디지털 투명성을 위한 일련의 개방형 통신 표준을 개발하고자 한다. 여러 도시가 개방형 표준을 채택하였다. 유럽연합(EU)의 bIoTope 프로젝트는 IoT를 위한 개방형 표준을 만들고 있다. 몬테비데오는 도시 부서 간, 제3자 간 데이터 전송을 쉽게 하기 위해 레드햇(Red Hat) 오픈시프트 컨테이너(OpenShift Container) 플랫폼을 채택하였다.



그림 4. 사람 중심의 스마트시티 playbook

지방 정부가 상호운영성을 중시해야 하는 경우는 새로운 기술을 획득하거나 다른 부서들이 중첩되는 서비스를 제공할 때이다. 상호운영성은 아울러 디지털 서비스의 여러 측면과 관련이 있다. 시민이 다른 지방 정부의 서비스를 이용할 때 별도의 계정을 만들어야 하는 다계정 문제는 이용자를 번거롭게 한다. 예를 들어 오픈 & 애자일 스마트시티 *Open & Agile Smart Cities*는 네트워크의 파트너들과 EU 집행위원회가 채택한 열 가지 최소 상호운영성 메커니즘 *Minimal Interoperability Mechanisms, MIMs*을 제공한다. MIMs에는 콘텐츠 운영과 인공지능, 보안, 데이터 운영 등을 위한 표준이 포함된다.

사람 중심 스마트시티는 동시에 지방 정부가 운영하는 디지털 서비스와 디지털 기반시설에 걸쳐 투명성과 사생활 보호, 포용에 대한 공공의 약속을 형성한다. 또한 주민들이 스마트시티 기술을 형성하고 개발하는 데 있어 열려 있고 참여적이고 투명한 기회를 제공한다. 이를 바탕으로 지방 정부가 책임성 있게 주민과의 신뢰를 형성하여 민간 부문을 참여시킴으로써 관련 솔루션을 개발하도록 할 수 있다.

지방 정부가 이런 목표를 어떻게 달성할 수 있을까? 이와 관련하여 다음 세 가지 핵심 영역이 있다.

- 투명성과 사생활 보호, 포용에 대한 공적인 약속을 도시가 어떻게 실행 가능하게 하고 그에 대해 책임질 수 있을까? 도시의 데이터 및 기술 이용에 길잡이가 될 원칙을 제정하고 우선순위를 정하는 작업을 주민과 함께 하라.
- 도시가 기술 프로젝트에서 어떻게 주민을 더 잘 참여시킬 수 있을까? 기술 정책과 관련하여 확보와 전략적인 계획 단계부터 정보를 알리고 참여시키는 과정에서 디지털 수단은 물론 비디지털 수단도 활용하라.
- 공공 참여 전반을 향상시키기 위해 디지털 플랫폼과 수단을 어떻게 활용할 수 있을까? 디지털 기술을 사용하여 계획과 참여를 활성화하는 방법을 재고할 필요가 있다.

사람 중심 스마트시티는 투명성과 사생활 보호, 포용을 안내하는 원칙을 정해야 한다. 왜냐하면 이들 가치는 스마트시티 기술과 관련이 있기 때문이다. 그 원칙은 공동체의 참여 과정을 통한 의견 수렴으로부터 형성되어야 한다. 원칙을 형성하는 과정은 도시마다 다를 테고, 지역 문화와 도시의 현실에 따라 맞추어지고 촉진되어야 한다.

기술이 어떤 역할을 할지 의사결정을 내리는 상황에서는 주민이 관여해야 한다. 넓게 보면 주민은 다음 네 가지 방식으로 관여할 수 있다.

- **주도자.** 주민은 능동적으로 예산을 편성하고 전략적 목표를 정하고 스마트시티 기술의 용도를 정의함으로써 의사결정 과정을 주도한다. 이 역할을 수행하도록 하기 위해 지방 정부는 제도적인 실행 수단을 재무와 획득, 정책, 배치, 전달 등 분야에서 제공하면서 의사결정 과정을 뒷받침해야 한다.
- **민주적 참여자.** 주민은 의사결정 과정에 포함되고 프로젝트의 목표와 결과에 영향을 미치며 스마트시티 기술의 활용에 대해 피드백을 제공한다.
- **공동 창조자.** 주민은 지방 정부가 기술이나 기반시설을 형성하고 데이터와 ICT를 새로운

용도로 창조하거나 정책과 전략을 개발하는 작업을 돕는다.

- ICT 이용자. 주민은 오픈 데이터와 311 플랫폼, 증강현실AR 애플리케이션, 센서 데이터 수집 등을 포함한 온라인 플랫폼과 디지털 기반시설에 참여한다. 그 목적은 주로 정보 취득과 분석, 지방 정부에 피드백을 제공하는 것이다.

기둥 2: 기술 접근성의 균등화

사람 중심 스마트시티는 인터넷과 디지털 기술, 디지털 기기 활용이 보편적이고 저렴하다는 기반에서 세워진다. 디지털 격차란 인터넷 연결과 인터넷 기기, 디지털 리터러시(문해) 기술을 포함한 ICT의 활용이 가능한 사람과 그렇지 못한 사람 사이의 간극을 가리킨다. 이들 세 측면의 ICT 활용은 공동체가 디지털 세계에 탄탄하고 지속가능한 연결을 형성하는 데 있어 기본이 된다. 인터넷 연결은 디지털 사회에 참여하기 위한 기초로 널리 받아들여진다. 탄탄하고 저렴하고 지속가능하며 포용적인 인터넷 연결성이 없다면 디지털 사회 참여와 디지털 서비스 이용은 체계적으로 배제적인 상태에 머물게 된다.

유엔은 인터넷 연결성이 어떻게 교육과 평등, 혁신, 경제 개발에 직접 영향을 주는지를 인식하였다. 새로운 도시 어젠다(2016)와 커넥트 2030 어젠다(2018), 유엔 사무총장의 디지털 협력을 위한 로드맵(2020)은 모두 지속가능한 개발 달성에 디지털 연결성과 디지털 포용이 중요하다고 고려한다.

디지털 격차의 영향은 여러 분야에 걸쳐서 나타나는데, 교육과 인력 개발, 재무 포용 등을 예로 들 수 있다. 전 세계적인 코로나19 팬데믹 시기에 학교 교육이 원격으로 운영되면서 개도국에서는 인터넷에 연결할 수 없는 아동 5명 중 4명이 방치되었다. 그들은 대개 역사적으로 불이익을 받은 공동체에 속하였다. 각 공동체는 저마다 다르지만 디지털 격차는 성과 나이, 인종, 소득, 능력에 따른 기존의 사회적, 경제적, 문화적 불평등을 일관되게 반영하고 증폭시킨다.

유엔해비타트는 도시가 디지털 격차의 실태를 파악하고 디지털 포용 계획을 수립하기를 권고한다. 디지털 격차를 줄이거나 없애는 계획을 세우기 위한 첫 단계 작업은 해당 지역의 문제가 어떤 양상인지

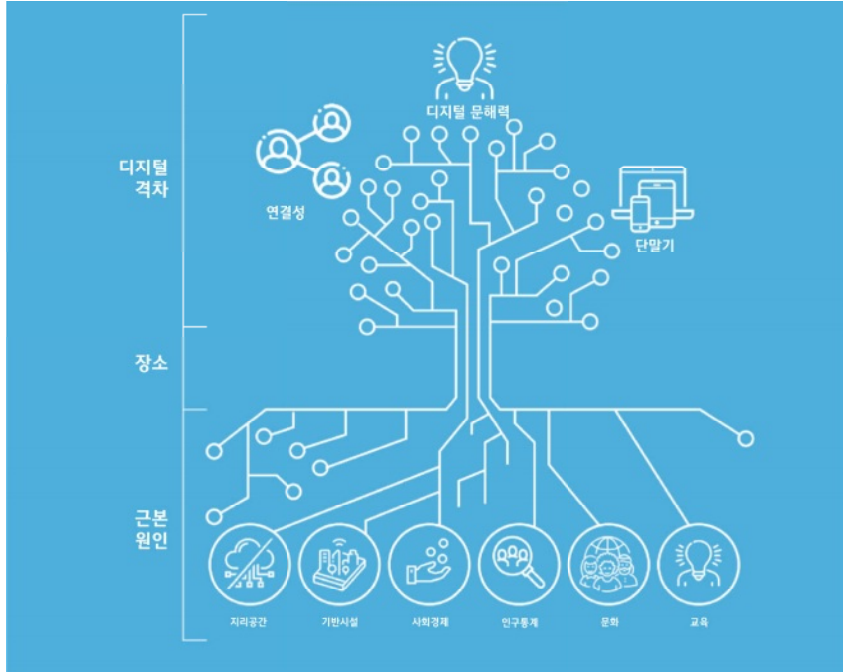


그림 5. 디지털 격차의 영향

조사하는 것이다. 디지털 격차 문제와 디지털 포용을 파악하는 방법은 유엔해비타트가 ‘디지털 격차 파악-도시와 공동체의 인터넷 연결성과 디지털 리터러시(문해력) 이해-그리고 디지털 포용으로 향하기 위한 조치로서 디지털 격차 해소’ 자료에서 제시한 바 있다.

하지만 연결성 제고는 디지털 격차를 해결하기에 충분하지 않다. 연결성은 공공 서비스로의 접근을 늘리고 주민이 더 능동적인 시민으로 활동하도록 하는 기회를 확대하는 수단이지만 디지털 포용의 목적은 기본적으로 개방과 지식 증진, 지평 확장을 통해 공동체가 더 주도적이고 참여하며 깨어 있도록 하는 데 있다. 그러기 위한 투쟁을 통해 주민은 기술과 도시 환경의 수동적인 소비자에서 능동적인 기여자로 변신할 수 있다.

기둥 3: 데이터와 디지털 기반시설 운영의 책임성

기반시설이라고 하면 전통적으로 도로와 인도, 파워 그리드처럼 도시의 일상생활을 뒷받침하는 물리적인 시스템을 가리켰다. 이에 비추어 현재 지방 정부와 중앙 정부는 디지털 기반시설이라는 새로운 계층의 공공 기반시설을 대하고 있는데, 도시가 통제하고 운영하며 이해하는 방식에 있어서 우선순위를 차지하게 되었다. 공공서비스로서 디지털 기반시설은 도시에서 디지털 생활이 가능하도록 하는 데 필요한 수단과 시스템을 가리킨다.

운영 성과 향상을 목적으로 하는 디지털 기반시설을 조성하기 위해 기술을 활용하는 과정은 **디지털 전환**이라고 불린다. 디지털 전환은 새로운 과정이고, 그래서 대상이 되는 사람은 물론 지방 정부와 중앙 정부에 엄청난 기회와 동시에 위협을 제공한다. 최근 사례 연구에 따르면 스마트시티의 기술 활용은 사회적인 보호를 잠식하고 불평등을 심화하며 기존 차별을 악화시킬 수 있다. 이런 부작용은 자동 의사결정에서 안면 인식 기술이나 인공지능이 활용되면서 특히 소외된 계층에서 심하게 나타날 수 있다. 따라서 디지털 기반시설 조성은 기술적인 과제로 취급되는 것만큼 사회문화적 과제로 다루어져야 한다.

지방 정부와 중앙 정부에 있어 디지털 전환이란 기술을 지렛대 삼아 어떻게 공공서비스를 누구에게나 더 편리하고 더 효율적이고 더 접근 용이하며 안전하게 만들지를 의미한다. 기술을 효율적으로 활용하여 공공서비스를 향상시키려면 지방 정부는 제한된 자원을 디지털 전환의 파급력이 가장 큰 분야에 투입할 필요가 있다. 또 서비스를 최종 이용자에게 맞추어 설계해야 한다. 아울러 전 과정에 걸쳐 사생활 보호와 투명성, 보안에 우선순위를 두어야 한다.

디지털화는 도시에 흥미로운 기회를 선사한다. 하지만 만약 지자체의 최종 책임자나 공무원이 수용하지 않거나 계약과 운영진, 데이터 활용 등 이슈에서 협조가 이루어지지 않을 경우 사생활 보호나 윤리, 보안 등에서 논쟁이 발생하고 혼란이 초래될 수 있다. 따라서 공공서비스를 디지털화할 때 정부는 그런 노력이 지속가능발전목표SDG와 일치하는지 확실히 해야 하고, 주민의 실제 요구와 경험에 대응해야

한다. 이는 여러 이해관계자를 참여시키는 거버넌스로 접근함으로써 달성할 수 있다.

디지털 정부는 점점 인기를 끌고 있고, 코로나19 팬데믹 이후 원격 서비스 수요가 증가하면서 더욱 의미를 갖게 되었다. 일부 정부는 디지털 전환을 활용하여 공동체와의 협업을 촉진하는 기회로 활용한다. 대만 디지털부 [Taiwan Digital Ministry](#)의 공공 디지털 혁신 공간, 브라질 헤시피 [Recife](#)의 개방형 혁신, 정부 프로그램 [Open Innovation and Government Programme](#)이 그런 사례이다. 일부 정부는 서비스 전달을 개선하기 위해 이해관계자 간 데이터를 안전하게 공유하는 데 초점을 맞춘다. 전자의료기록을 표준화하기 위한 독일의 공유 디지털 기반시설 구축이 그런 사례이다.

정부 문화를 바꾸고 기존 시스템을 개혁하면서 기술 분야 혁신의 속도를 유지하는 일은 매우 도전적인 과제이다. 그러나 유엔해비타트는 지방 정부가 조직의 디지털 전환을 시작할 때 취할 몇 가지 조치를 ‘디지털 기반시설 조성’에서 다음과 같이 제시한 바 있다.

- **디지털 서비스의 표준 제정.** 디지털 서비스의 표준은 개인정보보호, 평등, 보안, 상호운용성 등에 대해 정해야 하고, 표준을 정하면 모든 디지털 서비스에 걸쳐 단일화한 약속이 제공된다.
- **시민 참여 기술의 주요 영역 결정.** 지방 정부는 디지털 식별과 디지털 결제, 데이터 교환 등 디지털로 전환할 영역을 정해야 한다.
- **정부의 디지털 전환을 위한 역량과 거버넌스 형성.** 구축된 디지털 서비스는 모두 지속성이 보장 되도록 하는 운영 구조에서 유지되고 뒷받침되어야 한다. 모든 디지털 전환 모델은 투명성과 협업에 중점을 두어야 한다.

기둥 4: 디지털 자산의 안전한 관리를 통한 신뢰 형성

탄탄한 디지털 공공 기반시설 개발에 관건이 되는 조치는 디지털 공공 기반시설과 그 시설이 뒷받침하는 데이터가 안전하도록 보장하는 일이다. 지방 정부와 중앙 정부에 가해지는 사이버보안 위협이 최근 수년 동안 점점 보편화되면서 그에 대한 도시의 대응이 더욱 중요해졌다. 하지만 사이버보안

법률과 정책은 개인정보보호와 표현의 자유, 정보의 자유로운 유통과 같은 인권 이슈에 직접 영향을 미친다. 시 정부는 주민들에게 사이버보안을 교육해야 하고, 채택한 사이버보안 정책이나 법률과 관련하여 투명해야 하며, 사이버보안 전략에 인권 차원의 접근을 적용해야 한다. 또한 디지털 공공서비스를 이용할 때 사이버보안 위협을 누구나 평균적으로 경험하는 것이 아니라 소수자나 소외된 계층이 더 큰 위협에 노출된다는 양상을 인정해야 한다.

지방 정부가 행정을 컴퓨터 시스템에 의존하게 되면 교통 시스템이나 에너지 그리드 같은 핵심 기반 시설이 사이버 공격에 더 노출된다. 그런 상황은 대규모 서비스 붕괴로 이어질 수 있다. 기기 간, 기반 시설 간 데이터를 인터넷을 거쳐 주고받는 스마트시티 기술 또한 새로운 보안 취약성에 노출된다. 보안 조치가 취해지지 않은 채 방치될 경우 데이터가 가로채어 악용될 수 있기 때문이다. 비슷하게, 디지털 서비스를 수행하기 위해 쓰이는 데이터에 대해 보안이 설정되지 않을 경우 공격자가 그 데이터에서 민감하거나 개인 식별이 가능한 정보를 취할 수 있다. 그런 정보는 사기나 절도에 악용될 위험이 있다. 나아가 입증되지 않았고 테스트되지 않은 스마트시티 기술은 악용되어 인권이 위협에 노출될 수 있다. 정부가 서비스와 소프트웨어 개발을 제3자로부터 조달할 경우 위험은 더욱 커진다. 아프리카 사이버 보안 콘퍼런스Africa Cyber Security Conference의 보고서에 따르면 아프리카에서 사이버 범죄로 2017년에 약 37억 달러의 손실이 발생된 것으로 추정한다. 이제 사이버 공격의 위협이 만연하게 되었고, 이런 상황은 지방채 신용등급을 매길 때 지방 정부의 사이버보안 준비성을 반영한다는 사실에서도 나타난다.

운이 좋게도 시 정부가 디지털 기반시설에 큰 비용을 들이지 않으면서 사이버보안에 대비할 수 있는 중요한 조치가 있다. 사람과 절차와 기술을 교육적·법률적·정치적 수단을 활용하여 결합하는 접근이다. 이 조치가 유효한 것은 사이버보안이 정보기술IT만의 이슈가 아니며 성공적인 전략은 조직의 모든 계층을 움직이는 통합적인 접근의 일부여야 하기 때문이다. 이는 모든 도시를 위한 글로벌 모델의 일부가 될 수 있다.

사이버보안 위협에 성공적으로 대비하려면 정부의 모든 계층을 비롯하여 선출직, 임명직 모두에서 지지와 경각심이 필요하다. 지방 공무원들은 부서 내 민감한 데이터와 정보를 안전하게 지킬 책임을

이해하고 행동을 취해야 한다. 도시가 새로 등장한 스마트시티 기술과 함께 발생한 보안 이슈에 잘 대응하려면, 포괄적인 규제를 채택하고 건실한 사이버보안 정책과 절차를 실행하고 조직적인 위협 인지 태도를 형성하며 적절한 수단을 지렛대로 활용해야 한다.

사이버보안 준비성을 위한 기초를 형성하도록 마련한 ‘디지털 공공 기반시설 조성 및 안전화’ 지침은 다음 세 가지 단계를 권고한다.

1. 지역과 관련하여 국가적인 수준과 지역적인 수준의 기존 사이버보안 정책을 파악하라.
2. 지역 고유의 수요에 부응하고 인권을 존중하는 사람 중심 사이버보안 정책을 수립하라.
3. 지역 내 보안 리스크를 파악하고 그 위험을 관리하는 조치를 취하라.

기둥 5: 여러 이해관계자의 역량 형성. 다양한 이해관계자와 협업하여 스마트시티 프로젝트와 기반시설, 서비스를 마련하라. 디지털 전환을 위해 시 공무원의 역량을 확장하라. 기술의 필요성을 평가하고 스마트시티 정책에서 평등과 환경 정의, 사회 정의 등 가치를 고려하라.

디지털 전환은 기술적인 과정인 동시에 인간적인 과정이다. 오늘날 도시는 근무와 서비스의 설계·전달에서 새로운 방식을 채택해야 하는 과제와 직면하고 있다. 빠르고 편리하며 접근 가능한 공공서비스에 대한 기대를 충족하려면 도시와 지방 정부는 운영 방식을 변화시켜야 한다. 코로나19 팬데믹을 계기로 편리한 디지털 서비스 전달과 함께 보안 및 개인정보보호에 대한 기대도 더욱 커졌다.

도시 서비스를 개선하기 위해 기술을 활용하면 많은 기회가 열리지만, 디지털 시대에 기술이 전례 없는 속도로 변하면서 도시의 리더들에게 새로운 위협을 안겨주고 있다. 그에 대응하여 도시의 리더들은 새로운 기반시설을 구축해야 한다. 시 당국은 점점 더 나은 ICT 설비를 구축하는 동시에 디지털 리더십을 강화하고 지식 기반을 확장하며 디지털 전환을 지원하는 새로운 업무 형식을 장려할 필요가 있다.

조직 내 디지털 역량을 형성하는 데에는 몇 가지 방법이 있다. 유엔해비타트가 마련한 ‘스마트시티에서 공동 창조와 협업 형성’ 지침은 비효율과 비용을 줄이면서 성과는 극대화하기 위해 실행할 수 있는 세 가지 활동을 제시한다.

- 스마트시티 프로젝트와 기반시설, 서비스를 위해 다양한 이해관계자와 협업하라.
- 디지털 전환을 위해 시 공무원들의 역량을 확장하라.
- 기술의 필요성을 평가하고 스마트시티 정책에서 평등과 환경 정의, 사회 정의 등 가치를 고려하라.

나 홀로 스마트시티 기술을 지렛대로 활용할 수 있는 도시는 없다. 여러 분야 파트너십이 중요하다. 다양한 서비스와 경험에 걸쳐 있는 주민의 요구를 충족시켜야 하기 때문이다. 덧붙이면, 스마트시티 파트너십 구성은 학제적일 수밖에 없고 그래서 학계와 시민사회, 공공 부문과 민간 부문의 다양한 이해관계자를 참여시켜야 한다.

외부 파트너들과 함께 작업하는 외에 스마트시티는 기존 역량에 투자하면서 채용 방식을 유연하고 오늘날 기술의 노동시장에 걸맞게 바꾸어야 한다. 도시는 기존 공무원의 훈련과 역량 강화에 투자하고, 디지털 역량을 향상시키고 유지하는 과정을 강화하며, 디지털 전환에서 참여적인 리더십의 기회를 도입하고 새로운 근무 방식 채택으로 인한 노동력 붕괴라는 악영향을 완화해야 한다.

이런 투자는 모두 정량적인 편익을 낳아야 한다. 그래서 스마트시티에서 목표를 향한 진도를 측정하고 표시하는 핵심성과지표(key performance indicators, KPIs)를 설정하는 일이 중요하다. KPI의 설정은 조직 내부와 외부 모두에서 투명성을 제고하고 지방 정부가 목표에 도달하지 못하는 방법으로부터 발을 뺄 수 있도록 돕는다.

결론

사람 중심 스마트시티는 리더십과 효과적인 거버넌스, 역량 외에 지속가능성과 포용, 삶의 질에서의 굳은 의지를 요구한다. 유엔해비타트는 유엔 회원국을 비롯하여 다른 주요 이해관계자 및 파트너들과 함께 사람 중심 스마트시티를 현실로 실현하기 위해 지속적으로 노력해 나갈 의향이 있다. 유엔해비타트는 계속해서 최첨단 연구 및 분석 보고서를 발행할 것이며, 회원국과 함께 스마트시티 가이드라인을 형성해 나갈 것이다. 또 국가적인 차원의 도시정책과 규범적인 지침을 개발하고 지방 정부의 역량 형성을 도우면서 디지털 거버넌스와 디지털 권리, 도시의 공공 디지털 기반시설에 대해 기술적인 지원을 제공할 것이다.

사람 중심 스마트시티 접근의 핵심 구성 요소는 여러 이해관계자의 협력이다. 지역 현안을 공무원뿐 아니라 시민들로부터 파악함으로써 스마트시티의 요구 및 격차와 관련한 목표가 더 잘 설정될 수 있다. 오늘날 스마트시티는 여러 다른 도전, 즉 디지털 격차, 포용, 사이버 공격, 데이터 감시, 디지털 평등 등에 직면하고 있다. 이들 현안은 모든 나라에서 도시 규모와 무관하게 발견된다. 브라질이나 독일 같은 나라들은 자국의 스마트시티 발전에 도움이 되도록 국가적 가이드라인을 제정하였지만, 그런 지침이 없는 나라가 여전히 많다. 사람 중심 스마트시티에 대한 국제적인 길잡이가 필요한 이유이다. 사람 중심 원칙을 담은 국제 스마트시티 현장의 제정은 도시와 사람 거주지가 디지털로 전환하는 여정에서 사람 중심 접근을 확실하게 하는 하나의 방법이 될 수 있다.

| References |

1. UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 1, Centering People in Smart Cities
2. UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 2, Assessing the Digital Divide
3. UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 3, Addressing the Digital Divide
4. UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 4, Shaping Co-creation and Collaboration
5. UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 5, Infrastructure and Security
6. UN-Habitat People-Centered Smart City programme, Playbook 6, Building Capacity
7. Omoyele Williams, Remy Sietchiping, National Urban Policy Feasibility Guide, 2018
8. Policy, Legislation, Governance Section of UN-Habitat, National Urban Policy Report draft, 2022
9. Policy, Legislation, Governance Section of UN-Habitat, Project Document of NUP Phase 2 draft

Smart Journeys of Developing Cities:

**Key Takeaway from
the World Bank's Smart City Engagement**

**개도국 도시의 스마트 여정:
세계은행 스마트시티 지원의 주요 시사점**

베르니체 판 브롱크호스트 최나래

*Bernice Van Bronkhorst
Choi, Narac*



베르니체 판 브롱크호스트(Bernice Van Bronkhorst)는 네덜란드 출신으로 현재 세계은행(World Bank)에서 도시개발국(Urban, Resilience and Land Global Practice, GPURL)을 책임지고 있다. 현재 역할은 도시개발국 업무의 지도 및 안내와 세계은행의 도시개발 전략 실행, 세계적인 도시 현안에 대한 방향 제시이다. 그가 세계은행에 입행한 것은 2005년 라틴아메리카·카리브해 지역의 도시 전문가로서였다. 판 브롱크호스트는 이후 남아시아 위험관리·기후변화 부서에 이어 동아시아·남아프리카 도시개발·위험관리 부서의 관리자를 역임하였다. 현직 직전에는 기후변화그룹 국장으로 활동하였다.

bvanbronkhorst@worldbank.org

최나래(Choi, Narac)는 GPURL의 시니어 도시개발 전문가이다. 글로벌 스마트시티 협력 프로그램(Global Smart City Partnership Program, GSCP)을 이끌면서 도시개발국의 포용적 스마트시티(Inclusive Cities)에 대해 자문·분석을 제공하고 있다. 그는 2013년 세계은행에 정직원인 영프로페셔널로 입행하였다. 이후 인도네시아 자카르타에 주재하면서 공동체 권한이양 프로그램에서 일하였고, 르완다와 탄자니아, 케냐에서 도시 운영을 이끌었다. 아프리카에서 분석 작업을 다수 수행하였다. 영국 옥스퍼드대에서 국제개발 박사 학위를 취득하였다. 개발에 따른 이주 및 재정착과 빈민가 주거환경 개선, 저렴한 비용의 주거 등 분야의 전문가이다.

nchoi@worldbank.org

● 초록 ●

스마트시티 개념은 많은 사람의 상상력을 사로잡았다. 스마트시티에 대한 관심은 공중과 시민 영역, 민간 영역을 가로질러, 선진국과 개도국 모두로 확산되고 있다. 세계은행World Bank은 스마트시티라는 빠르게 진화하는 복잡한 분야를 개도국이 잘 헤쳐 나가도록 글로벌 스마트시티 협력 프로그램Global Smart City Partnership Program, GSCP을 통해 지원해 왔다. 이 글은 개도국이 스마트시티 목표를 정의하고 계획하여 실현하는 과정에서 GSCP가 기울여온 노력을 소개한다. 몇몇 성공적인 사례를 통해 고도의 전략과 구체적인 해법이 어떻게 개도국 도시의 열망에 기여할 수 있는지를 보여준다. 또한 지원을 더 잘 하는 방안, 주로 상향 지원과 하향 지원 사이의 연계를 강화하는 방안에 대한 시사점을 도출한다.

키워드

스마트시티에 대한 수요, 개도국, 상향 접근, 하향 접근, 스마트시티 포트폴리오 관리, 기관·인적 역량 개발

● ABSTRACT ●

Smart cities have captured many people's imagination and such interest cuts across the public, civic and private sectors, and both in developed and developing countries. The World Bank has supported developing countries through the Global Smart City Partnership Program (GSCP) in navigating this fast-evolving and complex field. This paper presents GSCP's engagements with developing countries in defining, planning for, and realizing their smart city goals. Using several successful engagement cases, the paper demonstrates how both high-level strategies and specific solutions can contribute to the aspirations of developing cities and draws lessons for better supporting them, mainly by strengthening the link between upstream and downstream engagements.

KEYWORDS

Demands for smart cities, Developing countries, Top-down and bottom-up approaches, Smart city portfolio management, Institutional and human capacity development

시작하며

데이터 기반 디지털 기술이 진화하면서 스마트시티라는 개념이 많은 사람의 상상력을 사로잡았다. 스마트시티라는 정의를 놓고 일반적인 동의가 이루어지지 않은 만큼, 스마트시티는 다양한 사람들에게 그만큼 폭넓게 해석될 수 있고 그러면서 그 잠재력에 대한 기대가 증폭되는 측면도 있다. 세계은행 World Bank은 스마트시티를 거론할 때 도시 계획과 운영, 서비스 전달을 향상시켜 도시를 더 효율적이고 혁신적이고 탄력적이며 포용적으로 바꾸는 데이터와 디지털 기술에 초점을 맞춘다.

스마트시티에 대한 관심은 공공과 시민 영역, 민간 영역을 가로질러, 선진국과 개도국 모두로 확산되고 있다. 세계 도시 중 250곳이 스마트시티 전력을 담은 자료를 작성하였고 153곳이 공식적으로 발행하였다는¹ 사실은 스마트시티를 향한 큰 포부를 드러낸다는 점에서 주목할 만하다. 하지만 그중 8곳만 계획을 고도 단계로 실행하였을 뿐, 다른 곳들은 포부를 실행하는 단계에서 여러 문제에 봉착해 있다. 한편 스마트시티 전략의 과잉 속에서 문제나 분야에 초점을 맞추는 바람에 서로 연결되지 않은 스마트시티 솔루션이 다수 나타나고 있다.

세계은행 World Bank은 스마트시티라는 빠르게 진화하는 복잡한 분야를 개도국이 잘 헤쳐 나가도록 글로벌 스마트시티 협력 프로그램 Global Smart City Partnership Program, GSCP을 통해 지원해 왔다. 이 글은 개도국이 스마트시티 목표를 논의하고 계획하여 실현하는 과정에서 GSCP가 고도의 전략과 구체적인 솔루션을 통해 기울여온 노력을 소개한다. 첫째, 이 글은 지난 4년여 동안 운영되어온 GSCP를 간략히 소개한다. 둘째, 이 프로그램을 진행하면서 파악된 개도국 스마트시티 개발 수요의 특성과 양상을 논의한다. 셋째, 몇몇 성공적인 지원 사례를 예로 들어 그런 수요를 어떻게 충족시켰는지 소개한다. 마지막으로 개도국 도시에서 스마트시티 지원의 품질을 향상시키는 데 도움을 줄, GSCP 경험에서 배운 주요 시사점과 교훈을 요약한다.

1 Roland Berger (2019). Smart City Strategy Index. The Smart City Breakaway: How a small group of leading digital cities is outpacing the rest. <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Smart-City-Strategy-Index-Vienna-and-London-leading-in-worldwide-ranking.html>

글로벌 스마트시티 협력 프로그램 GSCP

세계은행은 2018년에 대한민국과 함께 GSCP를 출범하였다. 이 프로그램의 목표는 월드뱅크그룹(World Bank Group, WBG) 팀과 고객들이 스마트시티 모범 사례와 솔루션에 접근하도록 지원함으로써 그들이 스마트시티 투자를 계획하고 실행하는 역량을 키우도록 하는 데 있다. 한국 국토교통부와 세계은행의 한국-세계은행 협력기구(Korea-World Bank Partnership Facility, KWPF)가 약 350만 달러를 이 사업에 출연하였다.

이 프로그램은 지난 4년 동안 세계 전역에서 50개에 가까운 스마트시티 사업의 구체적인 수요를 전문가를 참여시킨 기술 및 운영 자문 서비스를 통해 지원하는 사업을 펼쳐왔다. 그림 1은 WBG팀이 7차에 걸쳐 활동한 도시들의 지리적인 분포를 보여준다. 이 프로그램은 지식 공유·학습 활동을 55차례에 걸쳐 진행하였는데, 그 형식은 대면·비대면 세미나 또는 워크숍, 콘퍼런스, 지식 교환 프로그램 등이었다. 프로그램의 이름이 나타내는 것처럼 선도적인 스마트시티와 글로벌 기술 전문가들의 협력은 프로그램 설계의 핵심에 해당한다. 한편 지식 활동을 통한 방대한 네트워크의 형성은 적합한 전문가와 해법을 찾는 데 기여하였다.

개도국 스마트시티의 수요는 무엇인가?

도시가 스마트시티로 이루고자 하는 목표는 전 세계적으로 비슷하다. 즉 더 효율적이고 혁신적이고 포용적이며 탄력적인 도시이다. 이는 지속가능발전목표(SDG)가 포괄적으로 나타낸다. 이를 구현하기 위한 요인들은 국제표준화기구, 국제전기통신연합 등 여러 기관에 의해 비교적 공통적으로 거론되고 있다. 주요 요인으로는 정보통신기술(ICT)과 데이터, 도시 운영과 공공서비스의 혁신, 물리적·디지털·인적 시스템의 융합이 있다.

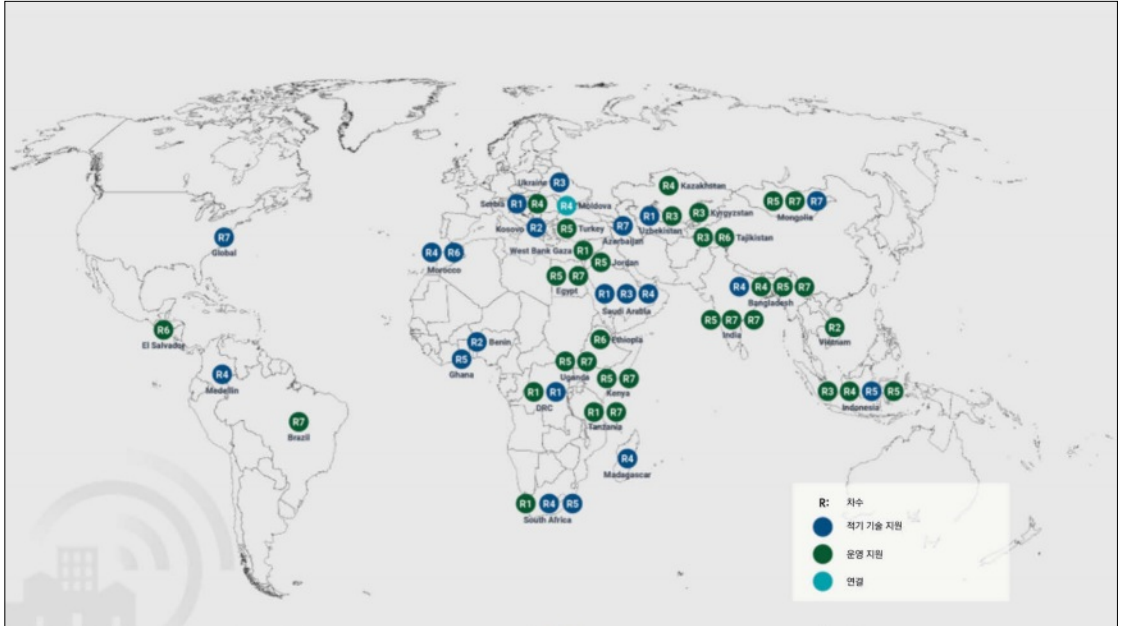


그림 1. GSCP 지원의 지리적인 분포

하지만 이런 공통의 목표를 어떤 ‘스마트한’ 방식으로 이룰지를 놓고는 견해 차이가 클 수 있다. 주요 요인인 데이터와 디지털 기술, 도시 기관의 역량과 인적 역량을 최적으로 조합하는 공식은 간단하지 않다. 데이터와 기술 진화가 어디까지 도달할지와 별개로 실제로 데이터와 기술이 무엇을 전달하였고 전달할 수 있을지, 이 가능성과 실제의 차이를 놓고 스마트시티 영역에 종사하는 사람들 사이에는 의견의 간극과 갈등이 있다. 비록 초기에 고도의 디지털 기술에 두었던 무게중심이 더 전체적인 접근으로 옮겨졌지만, 파괴적인 기술과 새로운 영역을 개척하는 혁신은 스마트시티 논의에서 여전히 관심을 끌고 있다.

GSCP가 지원한 개도국 도시 중 다수는, 목표는 야심 차지만 여전히 디지털라이제이션²과 디지털라이제이션³ 단계에 있다(그림 2 참조). 몇몇 GSCP 사업은 정보를 어떻게 디지털로 바꾸고 조직화할지를, 즉 디지털라이제이션을 주로 다룬다. 예를 들어 인도네시아의 알맞은 비용의 주거를

2 문서 등 자료를 비트와 바이트로 전환하여 디지털화하는 작업

3 고급 디지털 기술을 통한 조직과 조직 자산 전반에 대한 데이터 처리. 이를 통해 업무 과정의 근본적인 혁신이 가능

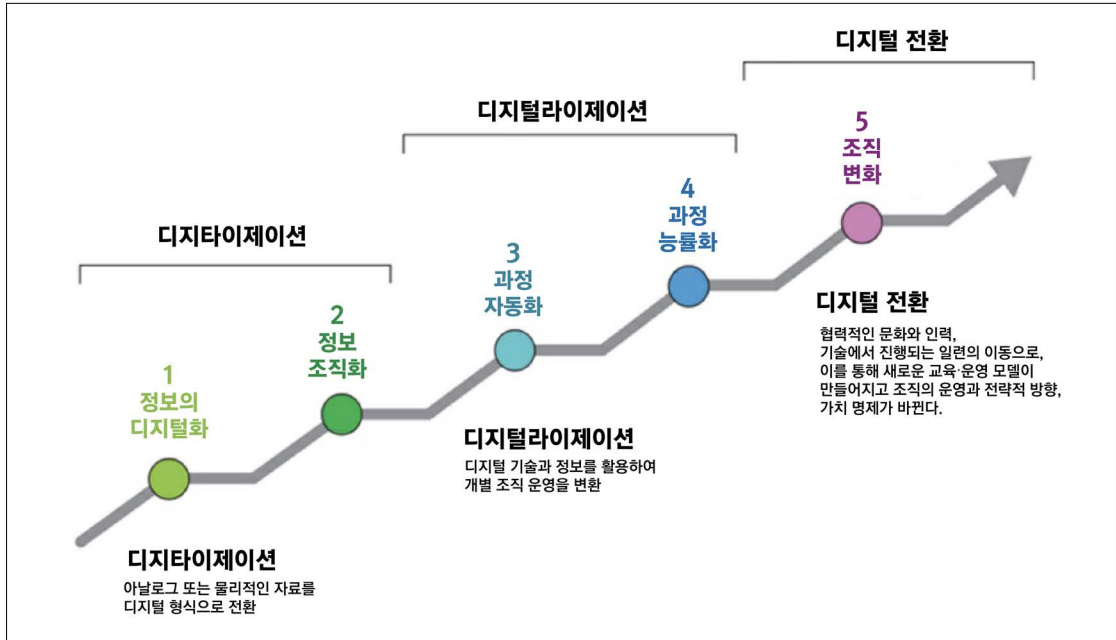


그림 2. 디지털라이제이션과 디지털라이제이션, 디지털 전환

(출처: losad et al. (2020). Digital at the core: A 2030 strategy framework for university leaders. <https://www.jisc.ac.uk/guides/digital-strategy-framework-for-university-leaders>)

위한 국가 프로젝트Indonesia National Affordable Housing Project에 따라 인도네시아의 공공사업주택부 Ministry of Public Works and Housing는 현재 주거와 관련하여 풍부한 데이터를 분석하는 방법론을 마련하는 노력을 기울이고 있다. 그에 앞서 주택부동산정보시스템Housing and Real Estate Information System, HREIS이 관련 자료를 디지털로 전환한 바 있다. 우간다에서는 토지주택도시개발부Ministry of Lands and Housing and Urban Development의 물리적 계획 및 도시 운영 시스템Physical Planning and Urban Management System, PPUMIS을 개발하였다. 이는 다양한 정보를 디지털로 바꾸어 컴퓨터로 살펴 보면서 도시 개발을 계획하도록 한다. 이 시스템은 시범 운영 이후 현재 최적화 과정을 거치고 있다. 시스템을 개선하려면 디지털 시스템을 향상시켜야 한다. 이보다 더 중요하게는 도시 데이터 분석 틀을 개발하여 구축한 뒤 컴퓨터 기반 도시 계획으로 이행해야 한다. 두 과업은 모두 전반적인 역량 향상에 의존한다. 한편 전력 공급과 인터넷 연결이 불안정하여 시스템의 안정적인 연결 및 활용이 어려운 곳에서는 어려운 과제이다.

다른 나라들은 디지털로 변환된 정보를 활용하여 운영을 개선하거나 변환하는(즉 디지털라이제이션) 단계에 있다. 콩고민주공화국에서 진행되는 킨샤사 다분야 개발·탄력성 프로젝트(Kinshasa Multisectoral Development and Resilience Project)는 범죄와 폭력 관련 데이터를 수집하여 활용하는 애플리케이션을 개발하려고 한다. 이를 활용하여 범죄 빈발 지역을 파악하고 피해자에 대해 적절한 조치를 제공할 계획이다. 방글라데시 정부는 코로나19가 발생한 이후 방역을 위한 제한 조치와 함께 원격 근무 환경으로의 빠른 전환에 나섰다. 당시 대다수 도시는 원격 근무를 시작할 준비가 되지 않은 상태였다. 방글라데시의 지방 정부 코로나19 대응·회복 프로젝트(Local Government COVID-19 Response and Recovery Project)는 도시 329곳과 시 공기업 10곳을 대상으로 실시한 설문조사(응답률 99%)를 바탕으로 시 공무원들이 원격 근무에 잘 적응하도록 기술적인 도움을 주고 있다. 또 원격 근무에 필요한 시 정부의 하드웨어와 소프트웨어 투자에 대해 적합한지 판단하여 승인해 주고 있다. 시 정부는 이후에 그 금액을 중앙 정부의 정액 교부금으로 지원받는다.

많은 국가가 디지털라이제이션과 디지털라이제이션을 추진하는 동시에 스마트시티 비전과 목표, 전략을 개발하면서 디지털 전환을 준비하고 있다. 방향과 진행 일정을 논의하여 합의하고 공유하는 과정은 스마트시티 개발에 특히 중요하다. 왜냐하면 스마트시티 개발에는 여러 분야를 아우르는 장기 접근이 필수적이기 때문이다. GSCP는 여러 도시의 스마트시티 여정, 즉 다수의 이해관계자를 참여시키고 조율하며 스마트시티 준비 정도를 평가하고 기존 방안과 새로운 방안을 조사하는 작업에 동행하였다. 튀르키예(터키)의 이즈미르에서는 시의 여러 부서와 서비스 협력사들의 주요 담당자가 긴밀하게 협업하였다. 즉 2021년과 2022년에 걸쳐 1년 동안 정기적으로 협의하였고, 그 결과 구조적이고 가시적인 전략 틀을 만들었다. 여기에는 우선순위와 보완적인 정책이 융합된 포트폴리오와 긴밀하게 연계된 진행 일정이 포함되어 있다. 이즈미르 광역시는 각 지역에 적합하고 향상을 이루어낼 수 있는 몇몇 공통 솔루션을 맞춤형으로 적용할 1차 대상 지역들을 정하였다.

스마트시티 개발은 어떻게 더 잘 지원될 수 있을까?

개도국 중 다수는 디지털 전환으로 이행하는 스펙트럼에서 저마다 한 지점에 서 있다. 이에 비추어 스마트시티 정의를 더 확장하여, 도달해야 하는 개발 단계라기보다 연속적인 여정으로 보아야 한다. 스마트시티로의 이행은 대개 긴 여정이기 때문에 방향 감각을 잘 유지하면서 세부적이면서도 유연한 작업 일정으로 행동의 우선순위를 정하고 다음 행보를 조정하는 방식이 도움이 된다. 이전 경험으로부터 배우고 바로잡으며 경로를 개선하려면 환경을 창조하고 시스템을 만드는 일이 중요하다. 한국의 스마트시티 여정은 지난 수십 년 전에 시작되었고 여전히 진행되고 있는데, 두 가지 측면을 잘 보여준다. 즉 국가 전략과 경험으로부터의 학습이 중요함을 알려준다.

한국의 스마트시티 개발 여정: 제도화와 혁신

스마트시티 의제의 조기 채택자로서 한국은 스마트시티 개발의 기회와 도전을 동시에 경험하였다. 지난 20년 동안 한국은 스마트시티의 여러 국면, 즉 개념화, 제도화, 혁신 등을 거쳐왔다. 스마트시티 프로젝트의 초기인 2000년대 초 실행 국면은 '유비쿼터스 시티' 또는 'u-시티' 프로젝트라고 불렸고 여러 이유에서 예기치 못한 도전에 직면하였다. 그중에는 실행된 프로젝트를 지속적으로 유지하고 운영할 기반이 되고 혁신의 토대가 될 기본적인 기술적·제도적 틀이 부재하였다는 실정이 있었다.

u-시티 프로젝트들로부터 교훈을 도출한 한국 정부는 스마트시티를 제도화하는 기초를 놓기 시작하였다. 법과 제도를 제정 하였고 기관을 갖추었으며 잠재적인 실행자를 정의하였다. 중앙 정부는 스마트시티의 새로운 개념을 공식적으로 받아들였는데, 그 개념은 기술적으로 플랫폼이라고 정의되었다. 중앙 정부는 또한 통합된 도시 지배구조의 새로운 형태를 창조하였다. 이 목적을 위해 2008년 「유비쿼터스 도시의 건설 등에 관한 법률(u-시티 특별법)」을 제정하였고, 2009년에는 스마트시티 건설을 위한 국가적인 종합계획이 수립되었다.

이 법에 따라 지방 정부는 각자 스마트시티 계획을 수립하여 국토교통부에 제출하여 승인받은 후 추진하게 되었다. 그 계획은 신규도 가능하였고, 기존 토대에 접목되는 형태도 가능하였다. 정부 자체의 제도적인 환경 조성에 더하여 한국은 공공-민간 자원 시스템을 만들어 스마트시티 국가 전략의 실행을 검토하도록 하였다. 주목할 특징은 공공 데이터 공유 덕분에 민간 회사들이 자신의 플랫폼에서 공공서비스를 제공할 수 있게 되었다는 점이다. 아울러 시민들이 수행한 분석 활동 덕분에 정부가 전향적으로 서비스를 전달할 수 있게 되었다는 점이다.

출처: Hwang, Jong Sung; Heo, Yoon Ju; Han, Ahram; Hwang, Jun Seok; Ju, Bora.
Smart Cities in the Republic of Korea : A Journey Toward Institutionalization and Innovation (English). WBG
Korea Office Innovation and Technology Notes Washington, D.C. : World Bank Group.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/099501509212220541/IDU09bc4586900d9a047080a9de0afa91af324a9>

중앙 정부의 역할은 중요한데, 정책 방향을 설정하고 제도를 마련하고 실행하며 도시에 기술적인 지원을 제공할 뿐만 아니라 도시가 스마트시티로 이행하도록 인센티브를 제공하고 협력을 촉진하도록 해야 한다는 점에서 그렇다. 디지털 기반시설과 기술에 종종 상당한 투자가 필요함을 고려할 때 규모의 경제를 위해 공동 시장을 조성하면, 특히 중간 규모나 소규모 도시들에 도움이 된다. 공동 시장은 민간 부문에도 비용 절감 효과를 줄 수 있다.

중앙 정부는 도시가 스마트도시 개발을 계획하고 투자하는 데 대해 직접 인센티브를 제공할 수 있다. 세르비아에서 GSCP는 세르비아 지방 기반시설·제도 개발 프로젝트 *Serbia Local Infrastructure and Institutional Development Project*의 설계를 도왔다. 이 프로젝트의 목적은 도시교통시스템을 비롯한 기반시설을 지속가능하게 운영하는 지방자치 역량을 향상시키는 데 있다. 탄소 연료로 추진되는 차량의 대안이 되는 교통수단을 활용하는 스마트 교통수단이 스마트시티 프로그램의 주요 구성 요소 중 하나이다. GSCP 전문가들은 세르비아의 145개 도시에서 기존 교통수단 이용 상황을 조사하고 다른 나라의 스마트 교통수단 프로젝트들을 벤치마크하였다. 이를 바탕으로 세르비아 중앙 정부는 경쟁적인 자금조달 프로그램을 설계하였다. 이 프로그램은 제안된 교통수단 방안 투자를 프로젝트 목표에 비추어 적합한지 포괄적으로 검토하고 선택할 수 있도록 한다.

스마트시티 개발은 국가 단위에서 시작할 수도 있고 지방 단위에서 시작할 수도 있지만, 어느 한 분야에서 착수된 스마트시티 프로젝트는 스마트시티를 위한 토대를 형성하는 데 기여할 수 있다. 인도네시아의 One Map 프로젝트가 좋은 사례를 보여주었다. 3차원 지적도 개발은 스마트 토지·기반시설 운영이 목적이었는데, 스마트시티의 주요 동력 중 하나인 디지털 트윈을 촉진하는 데 기여하였다.

인도네시아의 스마트 토지·기반시설 운영을 위한 디지털 트윈과 3차원 지적도 활용

인도네시아의 지적도는 토지 필지와 함께 관련 법적 권한을 단지 2차원 평면으로만 보여준다. 이 지적도는 다층 건물에는 적합하지 않다. '디지털 트윈'이라고 불리는 새로운 방법이 스마트시티 목적을 달성하고 복합적인 자산을 더 잘 운영하는 데 도움을 줄 수 있다. 디지털 트윈은 도시에 존재하는 대상들을 가상적으로 재현하여 실제 상황을 시뮬레이션하면서 동적으로 분석할 수 있도록 한다. 디지털 트윈을 활용하면 재산권과 규제, 책임을 3차원 공간에서 정의할 수 있다.

세계은행은 One Map 프로젝트에 자금을 지원하고 있다. 이 프로젝트는 인도네시아 국토부 [Ministry of Agrarian Affairs and Spatial Planning/National Land Agency, ATR/BPN](#)가 3차원 지적도 시스템과 디지털 트윈에 기초를 둔 지리 공간 솔루션을 개념화하고 개발하도록 돕는다. 이 프로젝트의 목적은 i) 다층 건물과 관련된 권리의 기록과 관리를 향상시키고 ii) 이해관계자들의 수요를 평가하고 데이터 이용 가능성과 시스템, 서비스, 잠재적인 장벽을 분석하는 데 있다.

GSCP에 참여하는 전문가들은 우선 정부의 기존 지도 시스템과 서비스 전달 상태, 기술적인 역량을 평가하는 작업에 착수하였다. 아울러 상향식 접근으로 수요를 파악하였고 세계적인 모범 사례에 비추어 기회와 제약을 평가하였다. 다음 단계로 정부와 함께 3차원 지적도의 사업 모델을 개발하고 시스템 아키텍처를 정의하며, 인도네시아 국토부의 기술적인 역량을 향상시키고 제도적인 요인을 강화하는 데 초점을 두었다.

인도네시아 국토부는 자카르타의 지적도 기반 옥내·옥외 지도 서비스가 10km²에 달하는 지역에 대해 실행되도록 한다고 계획하고 있다. 또 프로젝트 전문가가 제안한 공공-민간 협력 모델을 고려하고 있다. 게다가 인도네시아 도시들은 GSCP를 통해 한국 국토교통부의 한국도시네트워크 [Korea City Network, KCN](#) 프로그램에 선정되어 2022~2023년 규모 확대를 위해 필요한 더 심화된 기술적 지원을 받고 있다.

GSCP는 하향식 업스트림의 스마트시티 전략 계획 입안과 상향식 다운스트림의 투자 설계, 실행 모두에서 기여해 왔다. 하지만 지난 수년 동안 프로그램에서 업스트림과 다운스트림 사이의 연결이 느락되었음이 발견되었다. 사례 중 대다수가 둘 중 하나로만 분류된 것이다. GSCP의 1국면(2018~2021) 지원 경험이 드러낸 과제는 스마트시티 전략을 탄탄한 프로젝트로 이식하고 분절된 스마트 솔루션에 대한 개별 투자를 넘어서 도시 전체에 영향을 주는 쪽으로 나아가야 한다는 것이었다. 왜냐하면 WBG를 포함하여 공공이든, 민간이든 투자 의사결정은 해당 국가의 준비성과 개발 우선순위, 프로젝트의 자금 조달 가능성 등 여러 요인에 의해 영향을 받기 때문이다.

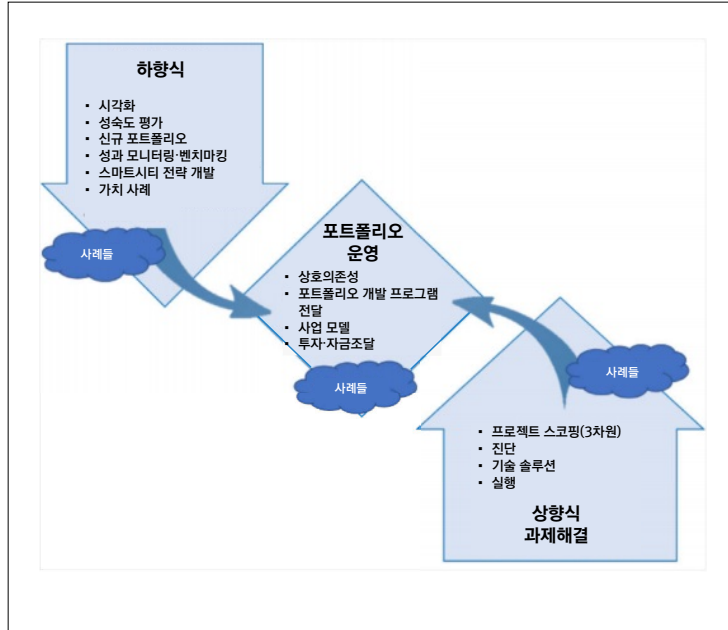


그림 3. 포트폴리오 운영을 통한 상향식 접근과 하향식 접근의 통합

약한 중간 부분 강화는 하향식이고 전략적이며, 전체적인 시스템 접근과 상향식이고 부문에 초점을 맞춘 사안에 한정된 접근이 공통 지점에서 만남을 계기로 이루어질 수 있다. 그 만남은 하향식 접근이 여러 부문으로 구성된 포트폴리오를 아우르는 방식으로 실행될 때 발생한다. 또는 도시들이 증가하는 스마트 시범 사업들의 집합과 디지털라이제이션을 탐색하는 특정 분야의 프로젝트들 사이에 연결을 만들기 시작하면 발생한다(그림 3 참조). 둘 중 어느 유형이든, 이 접점이 발생할 경우 분야를 아우르는 협력과 효율적인 포트폴리오 운영이 시스템의 향상이라는 방향에 맞추어져 진행되어야 한다. 이런 맥락에서 고무적인 사례가 GSCP에서 나오고 있다. 암만 지원 사례가 대표적인데, 1년에 걸쳐 그린 스마트시티 전략을 개발한 결과, 작업 일정과 우선 프로젝트의 리스트가 도출되었다.

더 스마트하고 녹색인 암만을 향하여

더 위대한 암만시 Greater Amman Municipality, GAM는 요르단 수도이자 최대 도시인 암만을 그린 스마트시티로 전환하고자 하는 야심 찬 프로젝트이다. GAM은 이를 위해 몇몇 중대한 조치를 취하였는데, 역점은 다양한 파트너들과 함께 추진한 교통 관련 활동에 두었다. GAM은 2021년에 스마트시티 로드맵과 교통 모니터링 플랫폼 Smart City

Roadmap and Traffic Monitoring Platform 보고서를 발행하였다. 또 아랍권 도시 중 최초로 기후행동계획(Climate Action Plan)을 채택하였고 2030년까지 온실가스 배출을 40% 줄인다는 목표를 포함한 개선 활동을 이끌기 위한 실질적인 탄력 전략(Resilience Strategy)을 출범시켰다. 이 밖에 GAM은 스마트시티 개발을 위한 경쟁력 있는 지배 구조와 함께 스마트시티 포트폴리오의 방향을 잡고 실행할 프로젝트 전담 조직과 유능한 인력을 갖추었다.

하지만 암만의 스마트시티 활동 중 대다수는 현재 계획 단계에 머물러 있다. 지금까지 개발된 솔루션과 관련 시스템은 일개 부서나 조직의 특정 문제나 상황을 해결하는 데 그친다. 계획 단계에서 실행 단계로 이동하려면 통합적이고 기능을 아우르는 접근이 요구된다.

WBG는 2021년 중반에 GSCP의 지원 아래 암만시를 더 스마트하고 더 환경친화적으로 변신시키는 작업에 참여하였다. GSCP 전문가들이 GAM과 함께 여덟 차례 비대면 워크숍을 준비하고 진행하였다. 여기에는 모두 100여 명이 참석하여 도시 변신 계획을 작성하였다. 행동의 우선순위가 다음 두 가지 활동에 두어졌다.

- i) 혁신적인 새 교통수단 모델과 오픈 스페이스처럼 도시 전체에 걸친 전환을 촉발하는 가시적인 개선을 보여주기 위해 암만의 스마트 이웃 환경(Smart Neighborhoods (Lighthouse Neighborhoods))이 어디에서부터 손에 잡히는 일을 실행할지 파악하고 동의한다.
- ii) 데이터와 자산 관리 기능을 갖춘 스마트시티 플랫폼을 개발함으로써 디지털 기반을 강화한다.

GAM은 포괄적인 자문을 거쳐 만들어졌고, 우선순위 방안과 투자와 일정이 갖추어진 스마트시티 계획을 실행할 의지가 있다. 이 계획은 또 WBG팀이 암만과 신규 대출을 놓고 진행하는 대화에 참고되고 있다.

스마트시티 개발에 주는 주요 교훈은 무엇인가?

수요 기반 프로그램으로서 GSCP를 실행하면서 개도국이 스마트시티에 기울이는 관심이 지대함을 알게 되었다. 또 그런 관심을 실현하기 위한 전략적이고 기술적인 투입을 제공하는 데에는 반드시 많은 자원이 필요하지 않음도 나타났다. 관건은 최적의 지원 포인트에 적합한 전문가를 참여시키는 일이다. 물론 만만치 않은 일이다. 스마트시티 전문가 중에서 맥락에 따라 주어진 특정 제약을 이해하고, 자신이 보유한 글로벌 지식을 활용하여 조치를 취할 지점을 찾아낼 수 있는 인재를 드물기 때문이다. GSCP가 제공하는 주요 부가가치는 바로 전문가를 제대로 연결하는 일이다. 여기에는 수요 측면에서는

지원 맥락을, 공급 측면에서는 전문가의 이력을 심도 있게 이해한다는 조건이 요구된다. 효율적인 연결을 위해서는 신뢰할 만한 전문가 풀 형성이 중요하고, 이 작업은 글로벌 네트워킹과 지식 공유를 통해 더 향상될 수 있다.

스마트시티 지원은 여러 분야에 걸친 작업이다. 여러 분야를 아우르는 의미 있는 협업을 진행하는 데에는 시간이 요구된다. 비록 총 투입 시간은 많이 길지 않더라도 종종 길고 복잡하고 강도 높은 과정에 동참한다는 약속을 받아내기란 쉽지 않을 수 있다. 그러다 보니 업스트림의 전략적 계획과 다운스트림의 손에 잡히는 투자 사이의 연결이 약해지는 상황이 발생하기도 한다. 왜냐하면 구체적인 투자 기회가 발생하기까지 지켜볼(또는 기다릴) 만큼 충분히 긴 시간 관리에 따라 움직이는 투자자는 공공기금 운영자를 포함하여 많지 않기 때문이다. 앞에서 소개된 이즈미르 사례는 반대에 해당한다. 이 사례는 성공적인 결과를 위해서는 장기 지원이 중요함을 보여준다. 국제금융공사(International Finance Corporation, IFC)는 지난 10년간 이즈미르에서 몇몇 기반시설 프로젝트에 투자하였다. IFC는 그럼으로써 스마트시티 개발 과정에서 시 당국과 관련 기관으로부터 강한 지지를 끌어낼 수 있었다.

개발 우선순위 또한 시간이 흐르면서 변한다. 그래서 설령 도시가 직면한 과제와 본질이 이전과 동일할지라도 스마트시티 파트너 또는 자금 지원자들은 도시의 근본 역량에 더 초점을 맞추도록 요구받는다. 즉 그들은 도시 의제를 전향적으로 실행하는 기관과 인력의 역량을 형성하고 향상시켜야 한다. 그럼으로써 그들은 정치적인 변화와 다른 위협을 넘어설 수 있다. 역량 개발을 위해서는 제휴와 지식 공유가 중요하다. 모든 GSCP의 지원은 대화를 촉진하기 위해 다른 나라들의 모범 사례를 활용한다. 국제적인 벤치마킹은 모든 도시에서 적극적으로 받아들여졌다. 일부 도시는 양자 협력 관계를 맺고 스마트시티를 실행하는 방안을 채택하는 의사결정을 결연 도시에 알려주기도 하였다. 인도네시아의 One Map 프로젝트는 디지털 트윈과 3차원 지적도를 앞서 성공적으로 구현한 한국 전주시와 같은 다른 나라 도시들의 경험을 적극 활용하였다. One Map 프로젝트는 이제 세계은행의 토지·지리정보 업무에서 중요한 벤치마크 대상으로 활용되는 모범 사례가 되고 있다. 대부분의 경우 스마트시티 개발에서 암묵지를 추구하였다는 사실에 주목할 필요가 있다. 이에 비추어 더 앞선 스마트시티들이 있는 한국과 같은 나라가 스마트시티로의 여정을, 시행착오를 포함하여 기록하고 공유하는 데 더 노력을

기울일 수 있다. 그럼으로써 지원받는 곳의 특정한 수요를 이해하고 효과적으로 충족시킬 수 있다.

결론: 더 나은 ‘도시’를 위한 ‘스마트’ 기술들

기술적인 해법에 큰 가중치가 부여되는 분야에서는 해결해야 하는 문제에 대한 깊은 이해가 간과될 가능성이 있다. 이를 고려할 때 이 글과 더 넓게는 WBG 업무의 부가가치는 초점을 다시 도시에 맞추는 데 있다. 즉 도시가 성취하고자 하는 목적이 무엇인지 질문하고, 더 통합되고 혁신적인 방식으로 도시가 제도적·인적·재정적 문제를 해결하는 데 어떤 스마트 기술이 도움을 줄지 탐색하는 데 있다. 우선적인 프로젝트에 대해 업스트림의 전략 수립과 다운스트림의 투자를 모두 지원한다는 점에서 WBG는 양자를 연결하고 장기적으로는 전반적인 스마트시티 개발의 가치사슬을 강화하기에 유리한 위치에 있다. 개도국 스마트시티 지원으로부터 쌓은 교훈을 바탕으로 WBG는 앞으로도 디지털라이제이션과 디지털라이제이션, 디지털 전환의 여정을 지원하고 지속가능한 스마트시티에 대한 협력과 지식을 활성화하는 일을 지속적으로 수행할 것이다.

The Increasing Role of Data in Infrastructure Financing:

Digital Twins, Informational Efficiencies
and Blockchain Tokenization

기반시설 자금조달에서 더 커지는 데이터의 역할:
디지털 트윈, 정보 효율, 블록체인 토큰화

피터 아드리엔스

Peter Adriaens



피터 아드리엔스 Peter Adriaens는 미국 미시간대 도시환경공학과(Civil and Environmental Engineering) 교수이다. 기반시설 자금을 효율적으로 조달하는 방안을 주로 연구하는 디지털 자산 금융 센터(Center for Digital Asset Finance)를 이끌고 있다. 주요 연구·교육 분야는 디지털 비즈니스와 스마트시티 기반시설을 위한 재무·데이터마켓 모델, 지속 가능한 채권·주식 가격산정을 위한 인공지능/기계학습(AI/ML)이다. 환경과학·공학교수 협회(Association of Environmental Science and Engineering Professors, AEESP)와 벨기에 왕립 응용과학 예술 아카데미의 회원이다. 앞서 미시간대 로스경영대학원(Ross School of Business)에서 기업가정신을 강의하였다. 그 전에는 중국 쓰촨대의 기업가정신 특훈교수로 활동하였다. 핀란드경제연구소(Research Institute of the Finnish Economy, ETLA)에서도 연구하였다. 기업의 기후 위험에 초점을 맞춘 재무기술 스타트업인 이퀘리우스 리스크 애널리틱스(Equarius Risk Analytics)를 공동창업하였다. 자문위원으로서 오대호 임팩트 투자 플랫폼(Great Lakes Impact Investment Platform)과 블록체인 트라이앵글(Blockchain Triangle), 인티그레이티드 로드웨이(Integrated Roadways)를 돕고 있다.

adriaens@umich.edu

● 초록 ●

개선되고 공평한 도시 서비스에 대한 수요가 세계적으로 증가하면서 탄력적이고 지속가능한 기반시설에 대한 수요 역시 수그러들지 않는 상태를 이어가고 있다. 식수의 공급과 쓰레기 처리, 폭우 대응, 에너지 공급, 교통망 확충 등 분야를 막론하고 공공 부문의 기반시설 자금 조달은 빠듯한 실정이다. 그 격차를 좁히기 위해 민간 부문이 참여하여 공공-민간 제휴(public-private partnership, P3)가 이루어지고 있다. 이 경우 주요 과제는 자본 성과에 대한 기대와 공공 기반시설로부터 나오는 장기 현금흐름 사이의 불일치이다. 기반시설 프로젝트 투자는 대부분 채권 발행이나 공공-민간 차입, 사모펀드 등으로부터 조달되는데, 그런 방식은 쉽게 현금으로 전환되기 어렵거나 최근의 자산 가치를 반영하지 않는다. 이런 한계로 인하여 투자자의 유형이 제한된다. 디지털 트윈은 자산의 성과와 구조적인 건전성, 활용을 거의 실시간으로 들여다볼 수 있게 지원한다. 정보의 투명성은 기반시설을 만들고 운영하는 데 투입되는 자본을 조달하는 비용을 줄일 수 있는 잠재력이 있다. 예를 들어 금리를 낮추거나 신용점수를 향상시킬 수 있다. 또한 성과 기반 자금조달과 블록체인 토큰화의 융합을 통해 디지털 프로젝트 전달에 영향을 줄 것이다. 기반시설 서비스의 소비가 확대됨에 따라 새로운 사업-자금 조달 모델이 등장하고 있다. 또 새로운 매출 흐름의 잠재력에 대한 통찰이 나타나고 있다. 아울러 서비스형 소프트웨어(SaaS)를 활용한 데이터의 자금거래 자동화와의 연계가 이루어지고 있다.

데이터를 기반시설의 정보 자산으로 여김으로써 가치를 더 잘 평가할 수 있고 투자의 유동성을 향상시킬 수 있다. 그럼으로써 성과 전달을 극대화할 수 있게끔 프로젝트 설계와 자금조달 메커니즘을 이미 개선하기 시작하였다. 중요하게는 데이터 기반 매출이 자금조달 메커니즘에 기여하기 시작하면서 지방세를 원천으로 하는 기반 시설 자금조달 의존도가 낮아지고 기반시설에 대한 접근이 더 민주화될 것이다. 이 글은 기반시설 시스템의 디지털 트윈을 활용하는 애플리케이션 활용이 데이터 기반 자금조달 메커니즘의 새로운 잠재력을 열어놓고 있는지 논의한다.

키워드

디지털 기반시설, 데이터, 토큰화, 스마트시티, 재무적 모델

● ABSTRACT ●

The needs for resilient and sustainable infrastructure continue unabated as demands for improved and equitable services are increasing globally. Whether drinking water delivery, waste- or stormwater management, energy services, or transportation mobility needs, public funding and financing of infrastructure is under pressure. This demand is resulting in private sector engagement to meet the financing gap via public-private partnerships (P3). A key challenge is the mismatch between capital performance expectations and long-term cash flows from public infrastructure design. Most investments in infrastructure projects take the form of bonds, public and private debt and private equity, types of financing that cannot be easily converted to cash, or do not reflect up to date asset valuations. This limits the type of investor who will engage in projects.

Digital twins provide near real time insights into asset performance, structural health and use. This transparency of information has the potential to decrease the cost of capital to build and operate services, by lowering interest rates and improving credit scores, and will impact digital project delivery through performance-based financing and integration of blockchain tokenization. The increasing consumerization of infrastructure services is resulting in new business and financing models, insights in the potential for new revenue streams, and coupling data to automation of financial transactions using software-as-a-service (SaaS)-like agreements.

By envisioning data as the informational stock of infrastructure, better pricing of its value, and improved liquidity of investments, are already starting to change project designs and financing mechanisms that maximize performance delivery. Importantly, by decreasing reliance of infrastructure financing on the community tax base of communities, access to quality infrastructure will become more democratized, as data-driven revenue starts contributing to the funding mechanism. This paper discusses how application use cases are exploring the potential for data-driven funding and financing mechanisms by leveraging digital twins of infrastructure systems.

KEYWORDS

Digital infrastructure, Data, Tokenization, Smart cities, Financial models

데이터와 스마트 기반시설을 위한 사업 모델의 등장

스마트 기반시설 시스템의 전제

새로운 기술과 혁신적인 조달 계획으로 기반시설 프로젝트를 재건하고 개선하는 것은 지속가능한 개발, 안전 및 보건의 향상, 기후축적 기반시설의 성능 및 관리를 위한 잠재적인 방안이다.¹ 우리는 기반시설을 교통 분야에 국한하지 않고 항구와 공항, 물 관리, 에너지 시스템, 폐기물 관리 등 영역의 공공·민간 자산까지 포함하여 정의한다. 디지털 기반시설의 통합이 증가함에 따라 임베디드 또는 원격 감지 IoT를 사용한 성능 측정을 통해 적응성, 탄력성 및 운영 효율성이라는 목표를 더욱 강화하고자 한다.² 이런 맥락에서 데이터는 기반시설의 자산 가치 및 회계를 뒷받침하는 별도의 자산 유형으로 등장하고 있다. 이런 변화는 환경·사회·지배구조ESG 관점이나 UN 지속가능발전목표SDG로의 일치뿐 아니라 새로운 매출(현금흐름)과 재무 모델의 관점에서도 이해할 수 있다. 핵심 과제는 기반시설 데이터 측정의 진실성과 투명성, 전달성을 확보하는 것, 그리고 데이터로부터 도출된 통찰을 민간·공공 부문이 조직적 맥락에서 효과적으로 활용하는 것이다.

스마트 기반시설의 제공

스마트 기반시설 프로젝트 확장에 소요되는 비용은 중요하며 납품 및 조달 모델에 영향을 미친다.³ 시 정부가 당면한 과제는 스마트시티 투자의 경제적 수익 산정과 사업 모델 형성, 시민에게 주는 가치 추정, 제공 파트너와 이해관계자들로 구성된 생태계에서 시 정부의 역할을 정립하는 것이다. 이를 위해 시 정부는 조직의 구조와 조직 운영 시 요구사항 및 지배구조 측면에서 자금조달 및 자금조달

1 <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/public-sector/articles/three-steps-for-financing-smart-cities.html>

2 Imoize, A.L., Adedeji, O., Tandiya, N. and Shetty, S., 2021. 6G enabled smart infrastructure for sustainable society: Opportunities, challenges, and research roadmap. *Sensors*, 21(5), p.1709

3 Jayasena, N.S., Chan, D.W. and Kumaraswamy, M., 2020. A systematic literature review and analysis towards developing PPP models for delivering smart infrastructure. *Built Environment Project and Asset Management*. Vol. 11 No. 1, pp. 121-137

옵션과 계약 측정 및 보고 체계에 대한 영향을 조사할 필요가 있다.

스마트 기반시설을 조성하는 자금을 공공부문에서 조달하는 일에는 한계가 있다. 예산 현금흐름에 제약이 있기 때문이다. 지방채라는 선택도 있지만 수수료나 세금 구조 보장에 대한 심사가 필요하다. 미래의 수익을 바탕으로 구조화된 채권도 발행할 수 있지만, 이는 디지털 기반시설 자산으로부터 발생하는 수입의 불확실성으로 인하여 좋은 선택이 되지 못한다. 스마트 기반시설에 대한 프로젝트 파이낸싱은 다음과 같은 이유로 현재 이루어지기 어렵다. 첫째, 프로젝트 규모가 너무 작다(높은 자본 비용으로 대규모 또는 여러 건이 묶인 프로젝트가 필요하다). 둘째, 스마트 기반시설은 이용자나 대금을 지불하는 고객으로부터 발생하는 공익사업의 위험에 노출된다. 셋째, 정부나 민간 파트너들이 ‘바닥^{floor}’을 제공하지 않을 경우 현금흐름에 대해 보장할 수 없다. 그러므로 데이터를 유통시키는 계약은 여러 구매자와의 일회성 합의를 구조화한 ‘상업적 유형’을 취하는 경향이 있다. 덧붙이면 현금흐름이 불확실할수록, 또한 현금흐름이 불확실하고 기반시설 서비스에 대한 수익 의존도가 높을수록 투자 자본의 위험에 대한 기대 수익은 높아진다.

이런 가운데 혁신적인 PPP(Public-Private Partnership) 모델⁴ 또는 토큰화된(블록체인 기반의) 지배구조 모델^{5,6}이 스마트 기반시설 프로젝트가 확장하면서 부딪히는 재무적인 장애를 해결할 수 있는 해법으로 점점 더 받아들여지고 있다. PPP 모델의 범위는 그림 1에서처럼 공공 및 민간 부문 파트너의 소유권, 자금조달 및 운영 기대치에 따라 달라진다. 사회기반시설의 소유권은 전통적으로 공공부문에 귀속된 경향이 있음을 고려할 때 스마트 기반시설에 대한 자금조달은 PPP 계약 중에서 민간 운영과 공동 자금조달, 부분적인 민간 소유권 쪽으로 비중이 옮겨진 유형을 취할 것이 분명하다.

4 Selim, A.M., Yousef, P.H. and Hagag, M.R., 2018. Smart infrastructure by (PPPs) within the concept of smart cities to achieve sustainable development. *Int. J. Crit. Infrastructures*, 14(2), pp.182-198

5 Tezel, A., Papadonikolaki, E., Yitmen, I. and Hilletoft, P., 2020. Preparing construction supply chains for blockchain technology: An investigation of its potential and future directions. *Frontiers of Engineering Management*, 7(4), pp.547-563

6 Maciel, A., 2020. Use of blockchain for enabling Construction 4.0. In *Construction 4.0* (pp. 395-418). Routledge

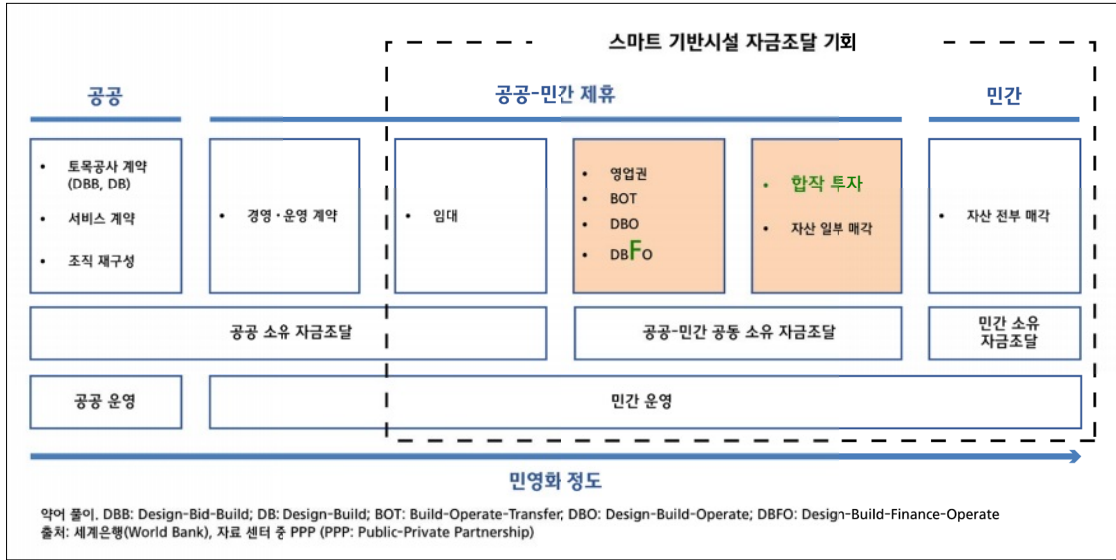


그림 1. 기반시설 자산에 대한 PPP 모델의 구조

스마트 기반시설의 데이터 수익화

데이터 수익화는 일반적으로 “정량화할 수 있는 경제적 이익을 얻기 위해 데이터를 사용하는 과정”을 의미한다. “내부적이거나 간접적인 방법에는 예를 들어 사업 성과와 의사결정에서 측정 가능한 개선을 만드는 용도의 데이터 활용이 있다. 외부적이거나 직접적인 방법에는 사업 파트너로부터 유리한 조건을 얻기 위한 데이터 공유나 정보 교환, 공개적인 정보 판매(데이터 브로커를 활용하거나 직접), 정보 제품과 서비스 제공(예를 들어 기존 제공에 정보를 추가 부가가치 요소로서 포함)이 있다.”⁷

IoT 데이터의 정보를 처리하여 통찰을 추출하는 작업에서 궁극적인 가치가 발생한다. 이는 제조업체가 원재료를 정제하여 상품으로 바꾸는 과정과 매우 흡사하다. 이런 맥락에서 특히 기반시설 위험 관리와 프로젝트 회계 보고를 위한 데이터 상품화는 재무회계와 위험 기반 투자 의사결정, 투명성, 기반시설 자산의 경제적 편익에 도움을 줄 수 있다. 프로젝트 신용 등급 및 차입 비용과 관련하여 지속가능한 데이터 공개도(투명성)의 제고는 데이터 기반 가치평가와 자금조달로 이어지는 기회를 제공한다.

⁷ <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/data-monetization>

마지막으로 광고나 보험 관련 목적, 사업 정보, 인구통계, 개인 정보, 연구 등을 위한 데이터 유통 계약은 매출 기회를 제공하여 채무 상환과 운영에 소요되는 현금흐름을 보강할 수 있다.

지속가능한 자금조달을 위한 자본시장 위험관리 솔루션으로서 데이터

재무적이고 환경적인 목표를 달성하려면 고품질의 충분한 데이터가 필요하다. 재무 목표의 지표는 예컨대 투자수익률과 내부수익률이 있다. 환경 목표에는 예를 들어 이산화탄소 배출량 감축이 있다. 데이터는 프로젝트 파이낸싱 또는 기타 기반시설 파이낸싱 구조와 관계없이 자산 수준에서 수집되고 처리되며 자산의 재무에 맞추어 조정되어야 한다. 기반시설 구축 및 운영과 관련하여 수집된 모든 데이터는 기업의 손익계산서와 비용 목표에 반영되는 재무적으로 중요한 자료여야 한다. 전통적인 손익계산서는 정적이고 분기 또는 정해진 일정에 따라 새로 작성된다. 그러나 자본 절감을 위해서든, 프로젝트 비용 절감을 위해서든, 최신 회계 관행을 활용한 새로운 수익 창출을 위해서든 데이터가 다양한 시공간적 세분화를 제공하려면 **디지털 트윈 활용**이 필요하다. 디지털 트윈이란 물리적 개체나 과정을 디지털 기술을 활용하여 가상적으로 실시간 재현한 것을 일컫는다. 디지털 트윈은 데이터 추적 작업의 복잡함을 해소해 주고 이해관계자인 금융기관과 자산 소유자, 운영자, 정부, 보험회사에 더 높은 투명도와 정확도를 제공한다(그림 2 참조). 센서 또는 디지털 장치의 데이터 스트림은 디지털 트윈 레벨에서 수집되고 컴파일된다. 데이터는 여러 방법으로 분석되고 시각화되며 상품화되는데, 그 방식은 최종 이용자가 원하는 바가 운영 효율인지, 가치 평가와 위험 심사인지에 따라 달라진다.⁸

⁸ Adriaens, P. and N. Ajami. 2021. Infrastructure and the Digital Economy: Impacts of Data on the Design, Financing, and Governance of Essential Services for Society. J. Environ. Eng. 147 (5), 02521001

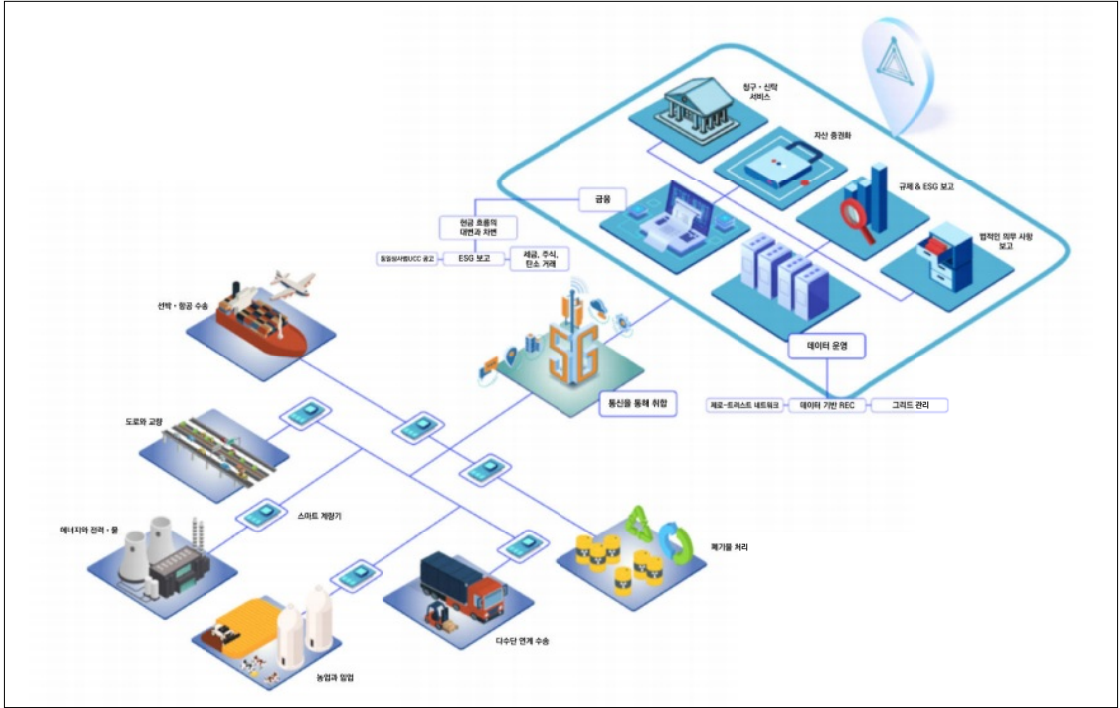


그림 2. 실물 자산의 운영을 금융서비스 제공자 등에 실시간 공유 (출처: 블록체인 트라이앵글)

필요에 따라 디지털 트윈은 다음과 같이 위험을 관리하는 작업에 통찰을 제공할 수 있다.

- 1) 자산을 둘러싼 각종 위험(기술적, 경제적, 상업적, 조직적, 정치적)
- 2) 환경과 기후 회복탄력성 위험
- 3) ESG 성과와 준법 위험

위험 기반 의사결정이 강조하는 바는 자본 비용 절감, 투명성 제공(실시간에 가까운 공개를 통한 재무 효율성 향상), 자산 평가와 현금흐름 개선이다. 데이터의 질적·양적 개선은 또한 비용과 매출을 예측 분석하는 기회를 제공한다. 이러한 장점 때문에 데이터 통찰력을 활용하여 새로운 현금흐름을 창출하고 기반 시설 서비스를 제공하기 위한 SaaS(Structure Data) 기반 비즈니스 모델을 구축하고 있다. 아울러 토큰화와 증권화처럼 새로운 파생적 투자 구조가 가능한데, 고품질 데이터가 자산 운용과 현금흐름 예상에 투명성을

제공하기 때문이다.⁹ 예를 들어 블록체인 트라이앵글Blockchain Triangle은 버뮤다에 소재한 디지털 자산 발행·운용사로, 자산 관련 운영 정보를 블록체인을 통해 금융기관 및 다른 이해관계자들과 공유한다.¹⁰ 디지털 트윈을 통해 기반시설 자산으로부터 재무 위험 및 ESG 데이터를 뽑아내는 작업은 디지털 재무·공시로 옮겨가는 현 상황에서 블록체인 트라이앵글이 제시하는 핵심 가치이다. 최근 미시간대의 디지털 자산 금융 센터Center for Digital Asset Finance는 기반시설 자산의 자금조달과 토큰화에 필요한 스마트 계약에 오프라인 성과 데이터를 가져오기 위해 분산된 오라클 네트워크를 통합하는 방안에 대해 분석했다(정Chung 등, 2022).¹¹

전략적 차원에서의 실행

전략적인 차원에서 데이터를 기반으로 한 활동의 초점은 그림 3에 요약되었고, 다음과 같은 요소를 포함한다.

- **메트릭스Metrics**(업무 수행 결과를 보여주는 계량적 분석)와 **핵심성과지표KPI** 결정 도시와 공동체의 운영자들은 스마트 기반시설 자산의 설계 목적과 가능성을 놓고 의사결정을 내려야 한다. 예를 들어 운송 자산에 대해서는 트럭 운동 무게 측정weigh-in-motion의 자동화를 위한 디지털화가 목적일 수도 있고, 교통, 배기가스 및 안전에 대한 데이터와 인구통계를 생성하는 관리형 서비스 플랫폼이 되기 위한 도로 개발이 목적일 수 있다. 설계와 가능성을 정하면 센서와 데이터, 전달될 통찰의 유형이 나온다.
- **IoT** 설치 요구된 대로 데이터를 얻고 모으고 분석할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어를 기존(브라운 필드) 또는 신규(그린필드) 자산에 설치한다. 어떤 경우에는 플러그 앤 플레이(즉 요금 징수) 솔루션이

9 Tian, Y., P. Adriaens, R.E. Minchin, Z. Lu and C. Qi (2021). Asset Tokenization: A Blockchain Solution to Financing Infrastructure in Emerging Markets and Developing Economies. ADB-IGF Special Working Paper Series “Fintech to Enable Development, Investment, Financial Inclusion, and Sustainability. Available at https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3837703

10 Darren Wolfberg and Peter Adriaens. 2021. The Blockchain Triangle Solution. <https://www.bctriangle.com/resources>

11 Chung, K, D. Li and P. Adriaens. 2022. Technology-Enabled Financing of Sustainable Infrastructure: A Case for Blockchains and Decentralized Oracle Networks. Technological Forecasting and Social Change, In Press

작동하는 경우도 있지만, 대다수 경우 맞춤형 솔루션이 설계되어야 한다. 기술 및 소프트웨어 플랫폼 선택과 전 주기에 걸친 실제 자산 대비 대체가치가 디지털 기반시설 설치의 경제적인 측면에 미치는 영향은 핵심성과지표(KPI) 측정의 관점에서 고려되어야 한다.

- **데이터 지배구조 구현** 디지털 트윈의 변화를 관리할 수 있도록 적응형 프레임워크와 지배구조를 만들어야 한다. 왜냐하면 자산이 노후화되면서 운영 효율과 서비스 유형이 대개 처음 만들어졌을 때의 기준치로부터 벗어나기 때문이다. 그런 변화를 디지털 트윈이 반영할 필요가 있다. 시 정부가 스마트시티를 위한 디지털 기반시설을 설치하기 위해 비용을 지출하기 시작하였지만 이 기반시설을 모니터링하고 운영할 지배구조를 반드시 갖추고 있지는 않다. 설치에 대한 거래 비용경제학(Transaction Cost Economics, TCE)은 블록체인 기반 스마트 계약으로 제공되는 것과 같은 자동적인 계약 실행을 선호한다.
- **재무적 모델링 실행** 디지털 트윈을 기관이나 시 당국, 프로젝트 회사의 재무적 현금흐름 모델과 운영 보고서에 연결해야 한다. 디지털 트윈은 프로젝트 회사나 기반시설 프로젝트에 데이터 원천 역할을 한다. 손익계산서의 모든 행은 자산의 비용과 매출을 나타내는 데이터 흐름과 관련 지어질 수 있다. 이 데이터는 또한 복합적인 시뮬레이션을 돌려서, 운영 매트릭스에 영향을 주는 성능 위험과 관련하여 잠재적인 통찰을 얻는 목적에도 활용될 수 있다. 예를 들어 교통량 측정은 배기가스나 차량 인구통계 같은 친환경 정보 공개 또는 보험 위험 조사, 기업 부동산 가치 평가, 등록 가격 책정을 위한 통찰이 될 수 있다.
- **준법 여부 확인** 자격을 갖춘 데이터 전문가와 독립적인 엔지니어(또는 선출된 데이터 위원으로 구성된 위원회), 감사위원들이 이런 디지털 트윈을 운영하고 분기마다 기반시설의 성능을 점검 하여 중앙 규제당국에 제출한다. 신뢰할 만한 제3의 회사 또한 준법 여부를 확인하기 위해 디지털 트윈을 감사할 수 있어야 한다.

실행과 수단, 운영 초점

물리적 자산으로부터 정확한 디지털 재현을 만들어내려면 고품질의 대용량 데이터 흐름이 필요하다.

하지만 고품질 데이터 확보는 여러 상황에서 어려운 일이다. 특히 디지털 트윈을 고려하지 않은 채 오래전 만들어진 자산에서는 더욱 그렇다. 쉽게 업그레이드될 수 없는 낡은 기술로 자산이 운영되는 경우도 있다. 기존 자산의 경우 엔지니어들은 기반시설의 하드웨어와 소프트웨어를 전반적으로 조사하여 정보 격차를 파악하고 필요한 정보 흐름을 확보하는 적절한 솔루션을 찾아낼 수 있다. 대부분의 경우 신뢰할 수 있는 데이터 흐름을 포착하려면 맞춤형 하드웨어를 구축해야 한다. 그런 다음 엔지니어링 업체는 요구에 따라 시스템을 업그레이드하여 완벽한 호환성과 장기 신뢰성을 갖추도록 할 수 있다.

신규 자산 **greenfield assets**에 대해 엔지니어링 업체와 디지털 업체들은 프로젝트가 개념적인 단계에 있는 초기에 스마트 시스템을 설계한다. 엔지니어링 업체들은 기술적 실사보고서 제공을 지원하여 재무적 투자자들이 디지털 트윈의 부가가치 요소를 이해하는데 도움을 줄 수 있다. 필요에 따라 데이터 과학자들이 데이터가 시설 기술 요구를 충족하도록 데이터를 변환할 필요가 있을 수도 있다. 그다음 데이터는 다양한 노드, 즉 자산이력 관리 장치나 고도 공정 제어 유닛, 설비 운영 시스템, 설비관리 시스템 **computerized managed maintenance systems, CMMS**을 통해 수집된다. 각 노드는 비록 동일한

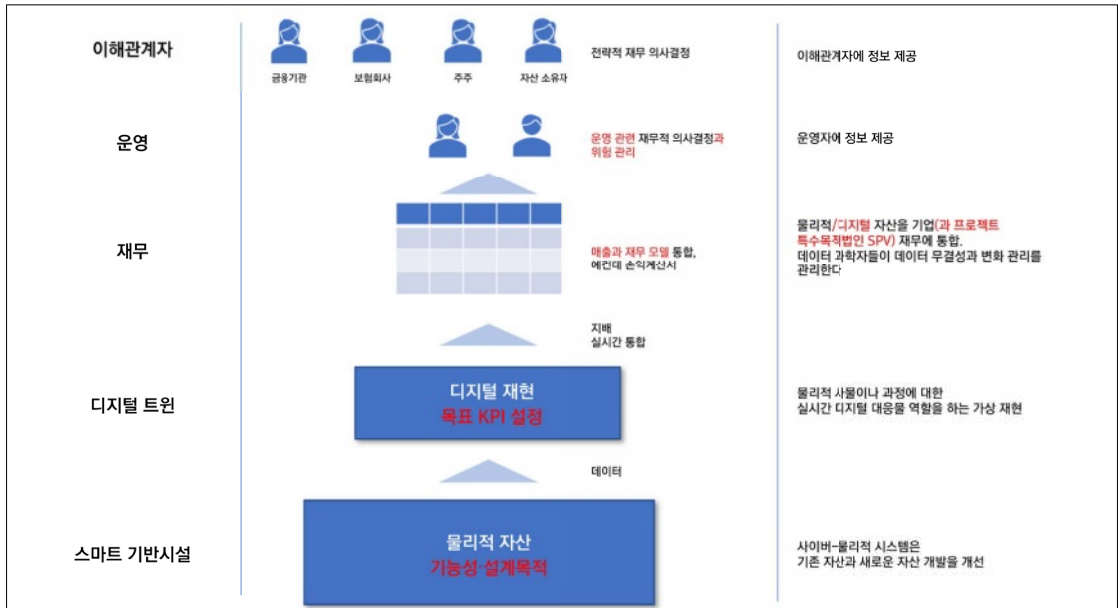


그림 3. 디지털 트윈의 전략적 실행을 위한 조직 구조

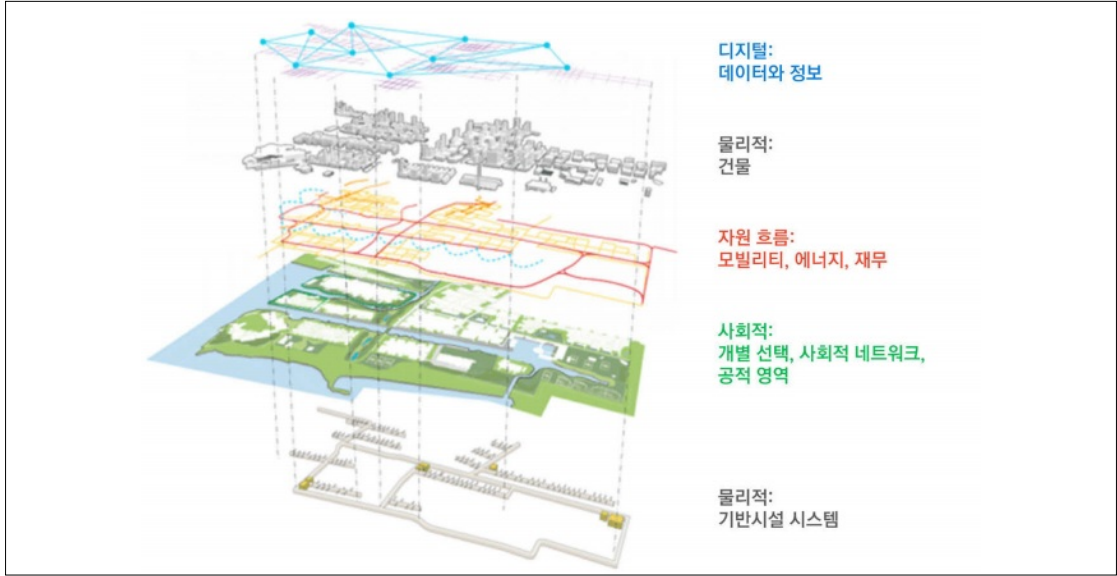


그림 4. 물리적 자산과 데이터 자원 흐름, 사회적 매트릭스로 구성된 토론토의 디지털 트윈
(출처: 사이드워크 인프라스트럭처 파트너스)

데이터 수집 포인트에 연결되지 않았더라도 자산에 대해 고유한 관점을 제공한다.

많은 도시가 지리 정보가 포함된 방대한 데이터셋(예: <https://data.boston.gov/>)을 공개하기 시작하였다. 데이터에는 폭풍우로 인한 홍수 위험, 강설 대비 주차장 공간, 푸드트럭 운영 일정, 돌풍 양상 등이 포함된다(그림 3 참조). 이들 데이터셋은 수년 동안 이용 가능하였지만, 대개 독립형 자원으로 활용되어 사용자 친화적이 아닌 형식으로 제공되었다. 데이터를 디지털 트윈으로 보여주면(그림 4 참조) 사용자는 정보를 더 직관적으로 이해하고 스마트시티 기반시설의 설계와 위험 관리, 재무에 더 잘 활용할 수 있다.

- 새로운 프로젝트의 CAD 및 BIM 데이터셋을 즉각 이용할 수 있는 가능성이 크다.
- 데이터 오버레이(overlay)를 위한 지리 정보 참조 데이터셋은 광범위한 종류의 출처, 즉 IoT 센서와 시 정부 데이터, 공공 데이터 제공자들의 디지털 자료, 장소 기반 업무 흐름 앱(감시 또는 인증 과정에서 활용되는 것과 같은)에서 제공된다.

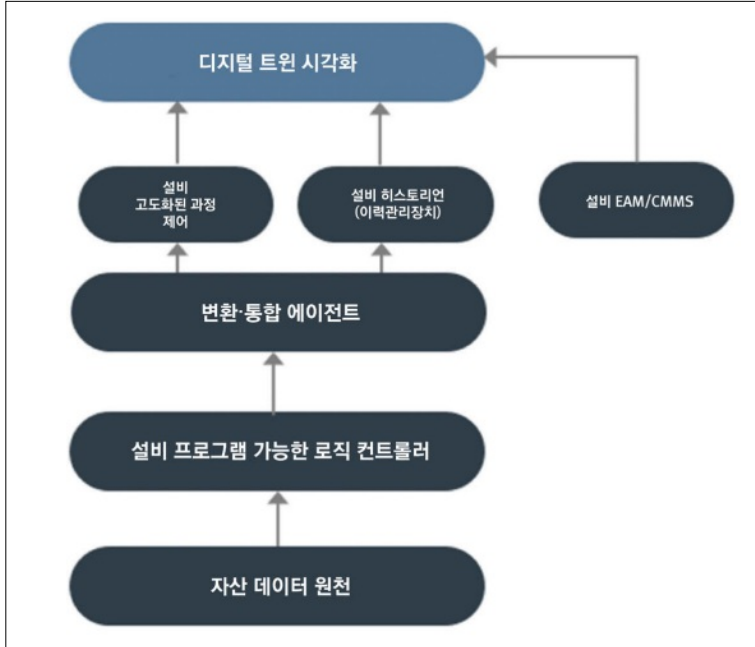


그림 5. 디지털 트윈의 과정 흐름

이 정보는 모든 정보를 통합하고 SSOT(Single Source of Truth)를 제공하는 디지털 트윈에 대한 입력 자료가 된다. 데이터 과학자들은 이들 데이터 흐름을 적극적으로 다룸으로써 데이터의 신뢰도를 보장한다. 디지털 트윈은 이해관계자들이 이전에는 가능하지 않았던 방식으로 데이터를 분석하고 시각화하도록 돕는다. 이해관계자들은 운영과 재무 등에서 중요한 이득을 얻기 위해 실시간으로 복합적인 자산들을 모니터링하고 조정한다. 고도화된 디지털 트윈은 정확한 예측 능력을 제공하는데, 이는 인력으로는 가능하지 않은 역량이다. 데이터를 개발하고 설계하고 통합하여 디지털 트윈에 넣는 일은 복잡하고, 다양한 영역의 전문가와 다층적인 수준에서의 협업을 요구한다(그림 5 참조).

- 정부 정부 구매는 정책을 정의하고 장기적인 거시 비전을 형성하도록 하며 실행의 모든 국면에서 취하는 조치를 지원하는 데 있어서 결정적이다. 정부 지원이 없으면 그런 조치는 실행하기 매우 어렵다고 할 수 있다. 그런 조치는 복합적인 문제를 창의적으로 해결하는 방안을 제공하고 대중의 삶의 질을 개선시킴으로써 시민들에게 장기적으로 도움을 준다.

- 금융 기구 새로운 사업에 초기 자본과 운영 자본을 제공하려면 공적 은행과 민간 은행 같은 금융 기관과 다자간 기구, 사모펀드 투자자 등이 필요하다. 금융기관은 여러 산업과 지역에 걸쳐 성공을 복제하는 힘이 있고, 그럼으로써 개발도상국에 도움을 줄 수 있다.
- 어드바이저 자격을 갖추고 전향적으로 생각하는 어드바이저는 아이디어 실행에 사고 측면 리더십과 함께 산업적인 피드백, 네트워크를 제공한다. 어드바이저는 핵심적인 초기 컨센서스와 동력을 얻도록 도와서 프로젝트가 성공의 경로에 놓이도록 할 수 있다.
- 엔지니어링·디지털 기업 다양한 자산 유형에 기술적인 전문성을 제공한다. 또한 개념적인 단계부터 설치 단계에 이르기까지 큰 권한을 행사할 능력을 보유한다.

데이터와 기술이 스마트 기반시설의 자금조달을 가능하게 한 경험

데이터를 기반으로 한 재무·사업 모델의 경험은 여전히 운영 효율과 운영 비용에 국한되어 논의된다. 그에 비하면 자본적 지출 구조화와 다른 기반시설 자산들에 대한 데이터 수익화 사례는 거의 없다. 하지만 수자원, 에너지, 광산, 민자도로처럼 정부와 계약으로 민간기업이 운영하는 자산은 새로운 효율과 실시간 가치에 적합함을 보여주고 있다. 다음과 같은 사례를 통해 이를 살펴보자.

- 스마트 고속도로 인도의 주 정부들은 디지털 기술을 활용하여 고속도로에서 데이터를 수집, 교통 패턴 모니터링과 요금소의 통행료 수입 예측에 활용한다. 보험회사는 이런 교통 데이터를 구매하기도 하는데, 위험 자산 인수와 책임준비금 운영에 대한 통찰을 얻기 위해서다. 미국에서는 동적 중량 측정 센서를 영상 모니터링과 연계한 실험으로 물류가 도로의 라이프 사이클(재료, 건축물, 구조, 생산 등에 대한 발생에서 성장, 쇠퇴까지의 전 기간을 가리킴)에 어떤 영향을 미치는지를 분석하고 있는데, 이는 등록 등 절차를 밟은 트럭 회사로부터 마모에 따른 부담금을

받는 용도로 활용될 수 있다. 이들, 이른바 ‘스마트 슬랩smart slabs’¹²은 도로나 교량에 융합될 수 있고, 센서를 갖추면 PPP의 구조 안전, 교통 유형, 운전자 인구통계 관련 KPI에 대해 알려줄 수 있다. 사업 모델과 현금흐름 모델은 아직 개발 단계이고 테스트되고 있지만, 잠정적인 PPP 합의는 미국 캔자스주 및 콜로라도주와 기술회사들 사이에서 논의되고 있다.

- **스마트 상수도 사업소** 미국과 캐나다, 호주의 많은 도시는¹³ 빠듯한 예산에 대응하여 디지털 솔루션에 눈을 돌리고 있다. 상수도 설비는 운영 효율을 제고하고 주요 단수를 피하며 위험을 낮추기 위해 다양한 원천으로부터 들어온 데이터(예컨대 ‘비매출 수자원, 즉 상수도관 파열로 인한 물 손실’)를 통합하기 시작하였다. 데이터 솔루션은 또한 자본적 지출을 물 공급 서비스 제공을 위한 장기 운영 현금흐름으로 전환해 준다. 시 정부는 이런 문제에 대해 장기 해법을 개발하기 위해 공공-민간 제휴를 형성한다. 시 정부는 계약에 센서로부터 수집된 데이터에 대한 권리를 포함하고, 어떤 경우에는 엄중한 보안 조치가 취해진 자체 on-premise 솔루션을 명시하도록 규정하고 있다.
- **다양한 수익률의 폭우 채권(다른 이름은 환경 임팩트 채권EIB)** 미국에서 여러 수자원 당국은 모건스탠리나 골드만삭스 같은 투자은행들과 함께 다양한 수익률의 매출 채권을 구조화하는 작업을 하고 있는데, 투자자에게 지급되는 돈은 폭우 자산의 데이터 성과에 연동된다. 초점은 낮은 자본 비용으로 그레이 기반시설(기존 기반시설)을 그린 기반시설(신규 기반시설)로 대체하는 것이고, DC워터DCWater와 버팔로NY워터 오소리티Buffalo NY Water Authority, 밀워키 시 워터 디스트릭트Milwaukee Municipal Water District 등의 사례로 보여준다.¹⁴ 유량 센서와 수질 센서, 날씨 데이터는 자산의 위험과 성과를 알려주고, 매출 채권에 몇 퍼센트포인트(100bps) 수준의 낮은 일드 스프레드로 나타난다. 이 모델은 다른 금융자산과 상관관계가 없다는 점에서 투자자들에게 매력적으로 여겨지고 있다.
- **수자원 기반시설을 위한 매출 기반 채권** 이탈리아에서 물 공급·처리 시스템을 개선하고 확장하고자 하는 지역들이 등급을 받지 못한 데다 비싼 미니본드들을 특수목적법인SPV 속에 넣어 묶었다.

12 <https://integratedroadways.com/>

13 <https://watersource.awa.asn.au/technology/trends/sydney-water-digital-twins-build-smarter-infrastructure/>

14 Brand, M., K. Quesnel, P. Saks, N. Ulibarri, A. Bombli, L. Mandle, M. Allaire, O. Wing, J. Tobin-de la Puente, E.A. Parker, J. Nay, B. F. Sanders, D. Rosowsky, J. Lee, K. Johnson, N. Gudino-Elizondo, N. Ajami, N. Wobbrock, P. Adriaens, S.B. Grant, S. Wright, T. Gartner, Z. Knight, J. P. Gibbons. 2021. Environmental Impact Bonds: a common framework and looking ahead. Environmental Research: Infrastructure and Sustainability 1 (2), 023001.

그렇게 해서 등급을 받은 비베라쿠아 하이드로본드 Viveracqua Hydrobond¹⁵ 채권을 발행하였고, 연금기금과 유럽투자은행 EIB 같은 개발은행에 매각하였다. 미등급 채권이 너무 작고 관리 비용을 정당화할 만큼 충분한 데이터가 없으며 신용 위험이 큰 반면, 이 채권은 신용등급과 유동성 측면에서 재무적인 매력을 갖추게 되었다. 해당 SPV는 설비 또는 성과 옵션 계약으로 뒷받침되는 완충 현금 덕분에 좋은 등급을 받을 수 있었다. 성과 데이터를 예를 들어 요금 부담자나 수도관 누출, 수질 저하 비용 등의 변화에 통합하는 일은 향후 계약에서 구조화될 수 있다. PPP 계약에서 발행되는 자산유동화증권 ABS는 기반시설 프로젝트를 위한 구조화 금융의 형태로서 진지하게 연구되고 있다. 다만 얼마나 많은 프로젝트가 이 방식으로 실행되었는지는 명확치 않다.¹⁶

- **기반시설 프로젝트의 신용도 향상** 가수익정산 Proxy revenue swaps, PRS 방식은 풍력 및 수도 공급에서처럼 변동적인 수익을 고정해 주고 자산 소유자에게 데이터 기반 모델의 새로운 옵션이 되고 있다. PRS는 대출자나 채권 투자자에게 프로젝트의 불확실성을 낮춰주고, 그에 따라 신용 등급이 상승하고 채무 이행 조건이 완화된다. 따라서 자금조달이 더 유리해진다. 네필라 클라이미트 Nephila Climate^{17,18} 같은 보험사에 의해 세계적으로 제공되는 단기 옵션은 장기 현금흐름 추세를 바탕으로 구조화되며 바람, 강우 또는 다른 요인 측정을 위한 독립적인 지표에 의해 작동된다.
- **스마트 광산 광업 회사들은 사업의 재무적·환경적 측면으로 들어가 값진 통찰을 얻기 위해 점점 디지털 트윈 기술로 이동하고 있다.** 이들은 트럭과 굴착기 등 이동하는 자산으로부터 다수의 데이터를 수집하는 시스템을 구축하였다. 이를 통해 운영 비용과 배기가스 측면의 투명성 확보에 도움을 얻으리라고 기대한다. 광업 회사들 중 일부는 데이터 취득 수요를 충족하는 맞춤형 솔루션을 개발하기 위해 엔지니어링 업체와 협업하였다.
- **새로운 블록체인 기반 에너지 및 모빌리티 기반시설 사업 모델** 미국¹⁹과 독일, 네덜란드²⁰에서 기술회사들은 분산적인 에너지 공급과 수요를 취합하고 분배하고 운영하기 위해 블록체인

15 The Viveracqua Hydrobond; <https://www.eib.org/en/projects/pipelines/all/20130515>

16 Lu, et al. (2019). Assessment Framework for Financing Public-Private Partnership Infrastructure Projects through Asset-Backed Securitization. <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000708>

17 <https://www.reinsurancene.ws/tag/nephila-climate/>

18 <https://www.prnewswire.com/news-releases/nephila-climate-announces-first-proxy-revenue-swaps-for-wind-project-re-powering-300804074.html>

19 Brooklyn Microgrid. <https://www.brooklyn.energy/>

20 <https://www.tennet.eu/our-key-tasks/innovations/crowd-balancing-platform-blockchain-technology/>

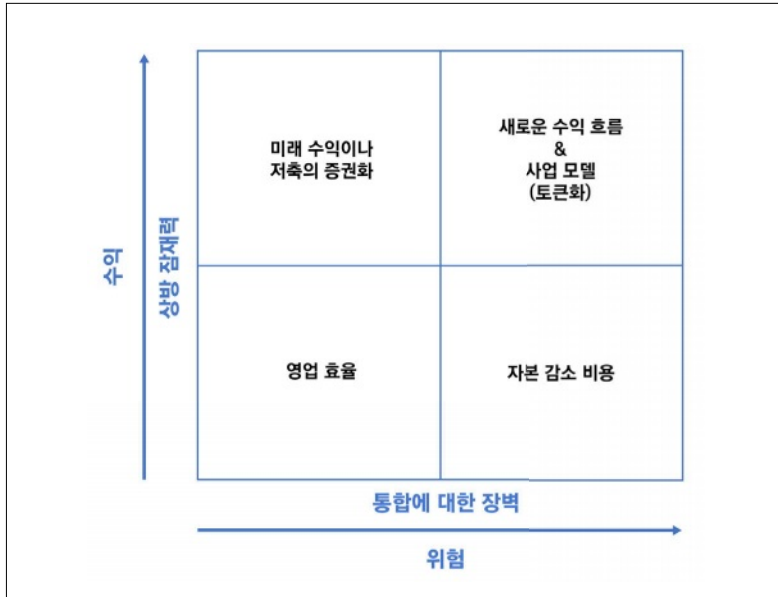


그림 6. 기반시설 프로젝트를 위한 데이터 기반 자금조달의 위험과 수익

애플리케이션을 시험 적용하고 있다. 거주자들은 블록체인 애플리케이션을 활용하여 이른바 스마트(자동) 계약을 통해 소비자들로 구성된 에너지 시장에서 에너지를 사고판다. 이로부터 발전 회사들은 수요의 기저와 정점을 관리하는 데 도움을 받는다. 모빌리티 블록체인 애플리케이션에는 예를 들어 자동차가 고유한 식별자(디지털 지갑)로서 기반시설 수요에 대해 돈을 지불하도록 하는 시범 사업이 있다.²¹ 기반시설 자산에서 나온 데이터를 더 많이 이용할 수 있게 되면 데이터와 규칙에 바탕을 둔 계약이 자동적으로 작성되고 실행될 수 있다.그럼으로써 중개인 비용이 감소하고, 사일로처럼 분리된 자산이 아니라 연결된 디지털 기반시설(도로와 폭우 자산 등)을 위한 설계 및 지불 시스템이 가능해질 것이다.²²

데이터 기반(디지털) 기회와 관련된 사례들로부터의 경험과 결과들을 위험과 수익을 기준으로 그림 6과 같이 배치할 수 있다. 그림 6은 통합에 대한 장벽이라는 위험을 이익 잠재력과 함께 나타낸다. 통합에

21 Mobility Open Blockchain Initiative, <https://dlt.mobi/>

22 Tian, Y. 2022. Financing Infrastructure through Blockchain Tokenization. Ph.D. Dissertation. University of Florida

대한 장벽에는 비용 및 수익과 자산의 통합 같은 기술적인 종류와 이해관계 정렬 같은 비기술적인 종류가 있다. 상방 잠재력은 가능한 총 이익을 반영한다. 예컨대 기반시설의 토론회는 수익을 극대화할 수 있어야 하는데, 첫째는 스마트 계약을 바탕으로 한 새로운 자금화 메커니즘을 활용하기 때문이고, 둘째로는 기관 투자자와 개인 투자자들로부터 효율적으로 자본을 조달하기 때문이다. 하지만 이 기술은 아직 미숙한 단계이고 시장 수요에 변동성이 매우 크며 스마트 계약은 여전히 강제할 수 없고 금융 기관은 민간 계약자 및 정부 파트너들과 아직 제휴하지 않고 있다.

운영 효율의 금전적 이득은 수십억 달러에 이를 수 있다. 이 절감이 어떻게 실현되었는지는 실제로 토론회된 친환경 채권에서 알 수 있다.²³ 자본 조달비용 경감에 대해 투자자와 보험 조사 담당자, 신용등급 평가자들이 확인하도록 하려면 디지털 기반시설에 대한 모니터링이 필요하다. 증권화에 의한 기반시설 자금조달은 위험이 낮고 더 잘 이해할 수 있으며 성숙한 단계에 있다. 다만 신용등급 평가 회사들에는 여전히 까다로운 대상이다. 증권화에 의한 기반시설 자금조달은 또 수익과 저축을 미리 판매할 수 있는 중요한 능력을 지닌다. 이와 관련하여 PPP 계약에 따라 발행되는 자산유동화증권 ABS이나 새로운 SPV의 소규모(프로젝트 파이낸싱하기에는 너무 작은) 자산들을 묶어서 발행한 채권에 대한 관심이 커지고 있어서 주목된다.

재무적 응용과 결론

앞에서 제시한 사례에서 나타났듯이, 많은 기반시설 자산 유형에 걸쳐 디지털 트윈이 점차 성숙 단계로 접어들고 있다. 다만 디지털 트윈의 재무적 기회는 현재 개발되기 시작하는 단계에 있다. 일례로 ESG를 주식시장에 통합하는 작업은 관행으로 자리 잡았지만, 이 정보를 알리고 확인받는 작업에 필요한 표준과 기준은 아직 갖추어지지 않았다. 다만 발행시장과 유통시장의 가격 책정에서는 ESG(또는 그린) 할인이 실현될 수 있음을 시사한다.²⁴

²³ https://www.bis.org/about/bisih/topics/green_finance/green_bonds.htm

²⁴ Adriaens, 2021. https://greatlakesimpactinvestmentplatform.org/media/omggyxu1/gliip_analysis-of-municipal-bonds.pdf

시 정부 및 채권 보유자(투자자), 발행자와 협업하여 ESG 데이터를 기반시설 자산에 적용하는 작업은 파일럿 단계이다. 현 단계에서는 데이터에 따라 수익률이 달라지는 채권과 위험 전이 옵션, 기반시설 현금흐름의 증권화가 사업적으로 실현되어 자금조달 비용 절감에 도움을 주고 있다. 하지만 서비스형 소프트웨어 SaaS 기반 운영 비용 등 자금조달은 적용에 제한적인데, 그 원인은 부분적으로 공공 자산 운영자들이 자산을 완전히(100% 공공으로) 보유하고자 하는 욕심에 있다. 기반시설과 이른바 ‘CPS(즉 스마트)’에 대한 자금조달을 위한 블록체인 애플리케이션 또한 이제 갓 시험되는 단계이다.

누락된 논의는 참신한 기반시설 데이터 활용을 채권이나 대출, 주식 중심인 전통적인 기반시설 자금 조달 모델 속에 직접 통합하는 것이다(그림 7 참조). 기반시설 데이터를 판매하거나 라이선싱함으로써 데이터나 통찰을 손익계산서나 투자 위험 및 수익과 직접 연결하는 일은 디지털 자금조달과 자산 관리의 미래이다. 하지만 이는 시험적인 운용을 제외하면 아직 본격 적용되지 않고 있다. 이는 개발 은행과 사모펀드 회사들의 영역이고, 이들은 다음과 같은 점에 구체적으로 초점을 맞추고 새로운 재무 모델들로부터 위험을 경감하는 방안을 모색하고 있다.

- 디지털 트윈을 손익계산서에 연결
- 디지털 트윈을 투자 위험과 수익에 연결
- 토큰화를 통해 디지털 트윈을 개인 투자자와 연결

데이터 수집과 계산, 통합, 그리고 실시간 기반시설 자산 평가와 위험 평가 및 관리를 위한 데이터 해석은 복잡한 데다 시급하며, 또한 관련 현금흐름은 단기적이고 (현재로는) 변동성이 크다. 이런 현실을 고려할 때 본격적인 적용에 앞서 추가 실험과 사업 모델 혁신이 필요하다. 예를 들면 다양한 기관과 투자 그룹은 도로와 교량 유지(예: 마일당 균열 모니터링), 친환경 자산유동화 증권(빌딩 에너지 효율성), 비료로 인한 오염을 줄이기 위한 농업의 스마트한 자금조달을 위해 지불 관련 KPI의 가용성을 거의 실시간으로 추적하는 실험을 하고 있다. 최근까지의 관찰은 그림 7에 요약하였다.

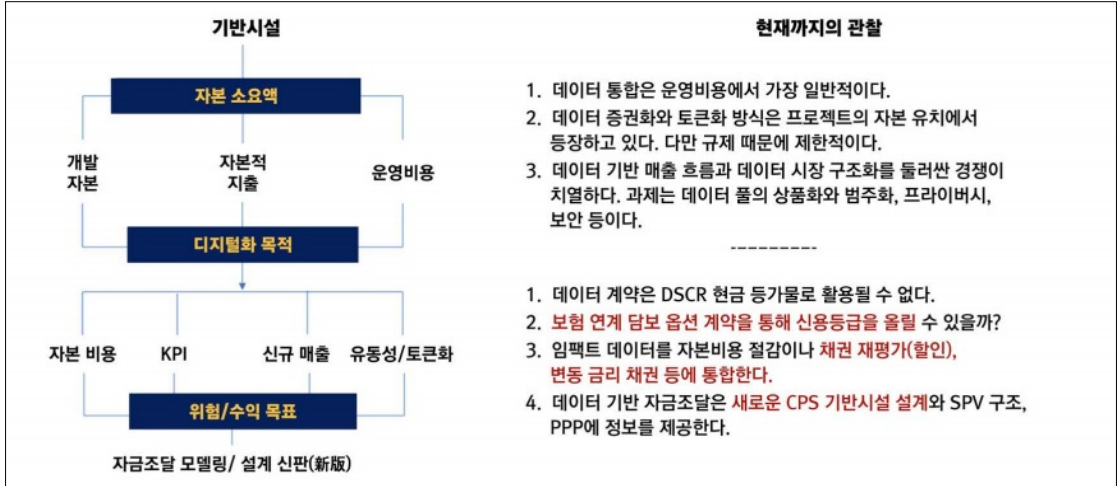


그림 7. 데이터를 기반시설 자금조달 모델에 융합

요약

기반시설 자금조달에 있어서의 데이터 활용의 전제를 나눈 블룸버그 시티랩 Bloomberg CityLab에 기고한 글에서²⁵ 제시한 바 있다. 그 전제는 단지 데이터의 포장 판매에 그치지 않고 더 깊은 통찰과 맞춤형 애플리케이션을 제공해야 한다는 것이었다. 도시들은 방대한 데이터의 바다를 아우르고 있지만, IoT 데이터를 건져내고 가치가 부가된 통찰을 추출하는 과정은 향후에 기술 기반 자금조달이 채택되는 과정에 있어 핵심 변수이다. 가치가 부가된 통찰이란 세금 또는 수수료를 바탕으로 한 자금조달을 보완하는 데이터 유통 계약을 통해 수익을 창출할 수 있는 종류를 가리킨다. 예를 들면 시카고시와 워싱턴DC는 시의 자산 관리에 데이터 전략을 활용하고 있으며, 이를 통해 보험계약을 개선하고 자본 배분 관련 통찰을 얻고 있다.²⁶ 디지털 자산 금융 센터의 제휴사인 인티그레이티드 로드웨이스 Integrated Roadways²⁷는 교통 자산 계약에서 통합을 위한 디지털 기반시설을 판매한다. 이 회사는 도로를 ‘관리형 서비스 플랫폼’으로 운영하여 매출 흐름을 일으키고 있다. 즉 교통 운영, 광고, 사업 정보에서 매출을 올린다. 블록체인 트라이앵글은 기후(탄소) 데이터를 다루는 디지털 플랫폼인데, 투자자가 ESG 준수

25 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-07/use-data-not-taxes-to-pay-for-infrastructure>

26 <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2021/08/data-and-analytics-unlocking-the-power-of-claims.html>

27 <https://integratedroadways.com/>

여부에 참고하도록 하기 위해 발전소와 농업 사업자들로부터 실적 메트릭스를 파악한다. 이 자료는 자산 위험 재평가와 지속가능성이 있는 대출 상품을 낮은 금리로 짜는 데 활용된다. 마지막으로 토큰화된 채권 상품을 통해 기반시설 자금을 기술적으로 조달하는 방안은 국제결제은행(Bank of International Settlements, BIS)의 홍콩 소재 아시아·태평양 대표부에 의해 시도되고 있고, 여기에는 독일과 스위스 업체들이 기술을 지원하고 있다.²⁸ 이를 통해 개인 투자자들을 참여시키고 스마트 계약을 기반으로 지분을 자동화함으로써 중개 비용과 자금조달 비용을 절감하는 것이 목적이다.

여기에서 제시된 논의를 바탕으로 자금조달 비용을 줄이고 데이터 지배구조를 개선하며 기반시설 투자에 대한 시민들의 개별 참여를 끌어들이는 기회가 열리면서 흥미진진한 미래가 펼쳐질 것이다.

28 https://www.bis.org/about/bisih/topics/green_finance/green_bonds.htm

| Acknowledges |

필자는 데이터를 기반으로 한 공공 기반시설 서비스의 자금조달 방안을 발전시키는 작업에서 미시간대의 디지털 자산 금융 센터와 이 센터의 연구팀, 재무와 기술 분야 제휴사들의 도움을 받았다. 그리고 마얀크 굽타 **Mayank Gupta** 씨에게 원고 내용에 대한 논의와 검토를 함께해 준 것에 감사를 표하였다.

Elements of Smart City Management

스마트시티 운영의 요소들

비제이 자가나단

Vijay Jagannathan



비제이 자가나단 Vijay Jagannathan은 시티넷 Citynet 사무총장이다. 시티넷은 인간 정주 관리를 위한 지방 정부의 네트워크로 아시아·태평양 지역의 도시 등 150개 회원으로 구성되어 있다. 의장국은 서울시이다. 자가나단은 또한 세계자원연구소 The World Resources Institute, WRI의 선임 연구위원이며, 미국 조지워싱턴대 George Washington University의 엘리엇국제문제대학원 Elliot School of International Affairs에서 겸임교수로 강의한다. 앞서 그는 세계은행 World Bank에서 동아시아·태평양 지역의 기반시설 관리 부문장으로서 도시와 수자원, 교통, 에너지 분야에 연간 50억 달러를 대출하는 업무를 담당하였다. 세계은행에서 활동하기 전에는 인도에서 10년간 공직자로 일하였고, 마지막 업무는 인도 캘커타광역개발청 Calcutta Metropolitan Development Authority 차관이였다.

vijay@citynet-ap.org

● 초록 ●

지난 수십 년간 디지털 혁명은 도시의 운영 방식을 바꾸었다. 더욱 중요하게는 다양한 도시 기반시설과 사회서비스를 공급하는 기관과 도시의 이해관계자가 상호작용하는 방식을 바꾸었다. 이러한 추세는 큰 기대를 낳았는데, 스마트시티가 도시 지배구조를 혁명적으로 변화시킬 잠재력이 있다는 것이었다. 이 글은 스마트시티는 선진국 중에서도 앞선 국가들(이른바 북반구 선진국 **Global North**)에는 가능한 개념이지만, 비슷한 아이디어를 개도국(이른바 남반구 개도국 **Global South**)에 적용하려면 몇몇 주요 제약이 해결되어야 한다고 주장한다. 첫째 제약은 대규모 기반시설의 서비스 격차가 좁혀져야 하지만 공공 재정은 부족하다는 것이다. 둘째는 고질적인 기관의 타성이 종종 효율적인 계획 및 구현 역량을 감소시킨다는 점이다. 셋째는 인센티브 불일치인데, 도시 수준에서 저탄소 투자를 뒷받침할 매력적인 기회가 있음에도 불구하고 공공 재정은 비탄력적이고 글로벌 자본시장은 공공 재정을 보완하지 못하는 시장 실패가 발생하고 있기 때문이다. 결론 부분은 이들 세 제약을 해결하기 위한 선택지들을 모색해 본다. 도시 수준의 리더십이 녹색 금융을 조달함에 있어 결정적인 역할을 해야 함을 강조한다. 녹색 금융은 지역 공동체는 물론 지구 환경에 도움이 되는 ‘기후 친화적인 제품들’을 제공함으로써 조달할 수 있다.

키워드

스마트시티, 디지털 플랫폼, 기반시설 격차, 기관의 타성, 인센티브 불일치

● ABSTRACT ●

In the past decade the digital revolution has changed the way cities are managed, and more importantly on how stakeholders interact with providers of various urban infrastructure and social services. These trends have given to great hope that smart cities have the potentials to revolutionize urban governance. This paper argues that while smart cities are viable concepts in the more advanced countries (also described as the Global North) the application of similar ideas in developing country cities (described as the Global South) require some key constraints to be addressed. Three constraints are elaborated. The first explaining the massive infrastructure services gap that requires to be bridged, but for which public financing is inadequate. The second constraint describes chronic institutional inertia, which often diminishes the capacity for effective planning and delivery. The third constraint is the presence of incentive incompatibility because market failures result in the inability to complement inelastic public finance with interest from global capital markets despite the attractive city-level opportunities to support low carbon investments. The concluding part explores some options for addressing the above three constraints. It emphasizes the critical role required from city-level leadership to attract green finance by offering 'climate friendly products' that serve the local community while also benefiting the global commons.

KEYWORDS

Smart cities, Digital platforms, Infrastructure gaps, Institutional inertia, Incentive incompatibility

시작하며

“지속가능한 미래는 다음이 필요하다. 계획이라는 기초, 미래 위협에 대응하는 탄력성, 스마트시티의 최고 기술 활용, 이들 모두를 위한 자금 조달 수단. 도시에서 이들 조건을 제대로 갖추는 것은 미래의 수요에 부응하기 위해 필수적이다.”¹

현재 진행되는 디지털 혁명은 엄청난 기회를 제공한다. 우선 다양한 출처의 데이터를 융합하여 도시 거주자에게 지속가능한 서비스를 전달할 수 있다. 또한 생태계와 지구 환경을 보호할 수 있다. 이런 희망 속에서 도시 지도자들은 자기네 도시를 스마트시티 방향으로 출범시키고자 하는 열망을 품게 되었다. 선진국에서는 많은 도시가 디지털 플랫폼 채택의 장점을 사회적, 환경적, 경제적 가치 창출을 통해 제시해 왔다. 즉 행정 효율을 개선하였고 도시 공무원의 거주자에 대한 책임성을 강화하였으며 시민 중심의 참여와 협력을 활성화하였다.²

패러다임의 전환은 도시 서비스가 전달되는 방식에서도 이루어졌다. 전기나 물 공급, 위생, 교통, 폐기물 관리, 주거 등 각 분야가 순환 경제와 지속가능한 수자원 관리, 화석 연료 의존도 저하 등에 초점을 맞춘 더욱 협력적인 과정에 의해 변화되었다. 이들 스마트시티에는 비슷한 특징이 있다. 규제나 제도적인 관행이 이해관계자가 적극 참여하도록 하고 정보의 다양성과 성과의 투명한 공개를 장려하며 기업이 직면한 문제를 다루기 위해 기민하게 대응한다. 또한 지역의 혁신이나 좋은 연구 역량을 촉진하는 환경이 있다.³

싱가포르는 스마트시티 운영에 있어서 최고 요소들을 구현하였다. 이를 그림 1로 나타냈다. 매우 큰 데이터셋이 사물인터넷IoT에 연결된 전자 센서들과 위성으로부터 실시간으로 수집된다. 분석된 데이터는 현장 서비스, 즉 거주자들의 삶의 질 향상과 자연 생태계 보호, 스마트 계획을 통한 도시

1 출처: UNESCAP and UNHCS (2019); *The Future of Asian & Pacific Cities. Transformative Pathways towards Sustainable Urban Development*

2 Yoo, Yejin; “*Toward Sustainable Governance: Strategic Analysis of the Smart City Seoul Portal in Korea*” *Sustainability* 2021, 13, 5886

3 *Toward Sustainable Governance: Strategic Analysis of the Smart City Seoul Portal in Korea* Yejin Yoo; *Sustainability* 2021, 13, 5886



그림 1. 싱가포르의 스마트시티 틀

서비스 전달의 개선을 위해 입력 자료로 활용된다. 요컨대 싱가포르의 스마트시티 틀은 데이터 기반 의사결정에 의존하고, 이는 도시 거주자에게 살 만하고 효율적이고 안전하며 지속가능한 경험을 제공한다. 성과들이 목표에 가깝게 나오기까지 기초가 되는 지배구조 틀이 주요 역할을 하였다.

이와 대조적으로 개도국에서는 도시 서비스가 분절되어 운영되고 기반시설 투자가 바람직한 규모에 비하여 크게 부족하며 도시 인구의 3분의 1에 이르는 사람들이 도시의 비공식 영역에 있는 불안정한 일 자리에서 얻은 한계선상의 수입으로 생존하고 있는 경우가 많다. 고질적인 도시 빈곤은 앞으로 수십 년 동안 더욱 악화될 수밖에 없다. 2015년과 2050년 사이에 사하라 이남 아프리카의 도시 인구가 7억 9,500만 명 증가하고 남아시아의 도시 인구는 5억6,800만 명 늘어날 것으로 예상되고 있다. 이들 지역에 추가된 10억 명 이상의 도시 거주자가 싱가포르나 서울, 바르셀로나에서 당연하게 여겨지는 정도의 기본적인 도시 서비스를 제공받으려면 대규모 투자가 추가로 요구된다(World Health Organization & UNICEF, 2015).⁴

4 World Health Organization & UNICEF. (2015). Joint monitoring programme for water supply| sanitation and hygiene (JMP) <<https://www.unwater.org/publications/whounicef-joint-monitoring-program-water-supply-sanitation-jmp-2015-update/>>

행정이 공식화된 중앙 정부의 법적·제도적 명령에 따르기보다는 비공식적으로 집행되는 상황에서 공공 서비스의 성과는 좋은 가치의 특징을 나타내지 않는다. 보통 비공식적인 기준이나 편의 측면이 중앙 정부나 지방 정부의 지시보다 사회적으로 더 중시되거나 꺼려진다.⁵ 예를 들어 상수도에서 불법적으로 물을 빼내어 자신의 물탱크에 저장하는 사람은 자신보다 아래에 위치한 이용자의 수압을 낮춘다. 이런 범죄가 발생하고 있는데도 상수도 회사 직원이 이를 보고하지 않을 경우 이를 교정하기 위한 처벌이 이루어지지 않는다. 아마도 상수도 회사 직원이 일종의 특권으로 물 절도에 대한 뇌물을 받아들이는 경우도 있을 듯하다. 이를 인도 상수도 분야에서는 ‘공직을 위한 시장’이라고 표현한다.⁶

두 가지의 모순되는 규범적인 압력은 책임성의 외부적 차원과 내부적 차원으로 이어지는데, 이는 조직의 성과를 악화시킨다.⁷

내부 책임성은 도시 서비스 제공 기관의 내부 규정이 얼마나 그 기관으로 하여금 조직의 목표를 향하여 열심히 노력하도록 인센티브를 제공하는지를 나타낸다. 조직의 규정이 강요되지 않는 상황에서 직원들이 노출되는 인센티브는 조직의 현장이나 심지어 국가 정책 가이드라인에 담긴 핵심 가치를 포함한 원칙에서 벗어날 수 있다.

외부 책임성은 도시 서비스 기관이 얼마나 고객 지향적이어서 서비스 이용자들로부터 받는 불만이나 문제가 우선순위에 충실히 대응하는지를 나타낸다. 대개 저소득 지역에서는 효율적이고 안정적인 폐기물 처리와 전반적인 상수원 공급, 신뢰할 만한 대중교통이 기능하지 않는 이유는 관련 업무 종사자들의 무관심 때문이다. 그로 인하여 많은 도시 거주자는 생활을 꾸려가는 다른 방식을 궁리해내야 한다. 몇 가지만 예로 들면 다음과 같다. 정화조는 비공식적인 청소업자가 처리하는데, 분노를 전용 트럭으로 수거하는 대신 가장 가까운 수역에 버린다. 시의 근로자들이 정기적으로 재활용품을 수집하고 쓰레기는

5 Jagannathan, N. Vijay; *Informal Markets in Developing Countries*. New York: Oxford University Press 1987

6 Wade, R. (1985). The market for public office: Why the Indian state is not better at development. *World Development*, 13(4), 467-497

7 World Bank. (2007). *Making the most of scarcity: Accountability for better water management results in the Middle East and North Africa (English) (MENA Development Report)* <[http:// documents.worldbank.org/curated/en/353971468280764676/Making-the-most-of-scarcity/Accountability-for-better-water-management-results-in-the-Middle-East-and-North-Africa](http://documents.worldbank.org/curated/en/353971468280764676/Making-the-most-of-scarcity/Accountability-for-better-water-management-results-in-the-Middle-East-and-North-Africa)>

따로 버리는 대신 수거업자들은 재생 가능한 것들만 수거하고 나머지는 내버려둔다. 도시에서 가정과 일터를 오가는 데에는 자전거나 이륜차를 소유하거나 활용하는 것이 필수적인데, 대중교통수단을 신뢰할 수 없기 때문이다.

시사점: 개도국 도시들은 스마트시티 상태를 이루려면 해결해야 하는 세 가지 중대한 제약에 처해 있다.

- **기반시설 부족:** 이들 도시는 기본적인 공공 서비스의 부족이라는 상태에 처해 있다. 예를 들면 비용이 알맞은 주거, 교통, 기본적인 상수도과 위생, 상시적인 전력 공급 등이 결여되어 있다.
- **기관의 타성:** 기관의 구조가 부적합하고 종종 도시 행정이 처한 빈곤과 대기·수질 오염, 범죄, 청년 실업 등 문제를 해결하도록 하는 동기가 부여되지 않았다.
- **인센티브 불일치:** 기반시설 부족과 기관의 취약성이라는 핸디캡이 있는 개도국 도시에 투자자와 금융기관이 장기적으로 관여할 인센티브는 협력을 통해 윈-윈할 잠재력에 비하여 크게 못 미친다.⁸

따라서 스마트시티 운영의 요소들은 나라마다, 지역마다 상당히 다르고 선진국과 개도국으로도 갈린다. 얼핏 보면 비슷한 이야기일 수 있다. 즉 소셜미디어와 디지털 플랫폼의 보급이 일반화된 가운데 전자 센서가 제공되는 서비스 전체를 측정하고 추적한다는 것이다. 하지만 앞에서 서술된 세 가지 제약으로 인하여 고질적인 문제가 발생한다. 이는 지배구조 격차로 이어지고, 이 격차가 해소되어야만 종합적인 스마트시티 운영 시스템이 현실이 될 수 있다.

개도국 도시에서 매우 경계해야 할 변화가 있다. 스마트한 접근이 제한적으로만 적용되고 있다는 양상이다. 도시 거주자를 직접 돕는 디지털 애플리케이션은 매우 잘 적용되고 있다. 좋은 사례가 거의 누구에게나 스마트폰과 인터넷이 보급된 것이다. 이에 따라 통신이 크게 향상되었고 시민의 자각과 참여도 활발해졌다. 이는 최근 중국 여러 도시에서 불거진 코로나19 제한 조치에 대한 반발에서 확인

8 While many cities in the Asia-Pacific region have a substantial well-trained population who could benefit from the job creation taking place through the digital revolution, foreign direct investments at scale are limited to a few cities

되었다. 다른 사례는 깃Gig 경제에서 차량 호출 앱과 배달 등 소프트웨어 앱이 폭발적으로 증가하면서 새로운 일자리를 많이 창출하였다는 것이다. 하지만 전반적인 공공재, 예를 들어 기본적인 도시 서비스의 향상이나 전기와 상수도, 교통 같은 서비스 개선이라는 우선순위로 논의 대상을 넓히면 디지털화는 제한적인 방식으로만 기본적인 상황을 바꾸었다.

각각 독립적으로 운영되는 에너지와 상수도, 교통, 주거 등 다양한 서비스 영역 사이에 상호 협력이 체계적으로 이루어질 수 있는 방법이 자주 제기되어 왔다. 디지털 데이터가 공통 플랫폼을 통해 공유 되더라도 각 서비스가 하나의 관심이나 문제에 공동으로 대응하도록 하기는 어렵기 때문이다. 예를 들면 전기와 상수도 공급 조직은 대개 국가나 주 단위 정부 기관에 보고하고 내부 위계 질서 속에서 대응하는 경향이 있다. 그러다 보면 고객, 특히 도시 저소득층의 불만에 대한 대응은 소홀해진다.

개도국 도시에서의 스마트시티 운영 요소들

스마트시티 운영은 앞서 언급한 세 가지 제약을 해결해야만 싱가포르에서 제공되는 것과 같은 혜택을 시민에게 제공할 수 있다. 이제 이에 대해 논의한다.

기반시설 부족 해결

유엔의 지속가능발전목표Sustainable Development Goals, SDGs 달성에 초점을 두면 기반시설 부족의 격차를 좁히는 엄청난 과제를 잘 인식하게 된다. 아시아개발은행Asian Development Bank, ADB은 아시아·태평양 지역에서 현재 연간 필요한 투자의 60%만 이루어지고 있다고 추정한다. 자금조달의 원천은 정부의 재정 이전과 국가 보증이고, 이용자로부터 회수하는 비용은 일부에 그친다. 자금 원천이 대폭 제약을 받을 경우 개도국 도시의 기본적인 사회서비스와 기반시설이 크게 부족해진다. 그래서 서비스를 받지

생활비에 비하여 부족한 수입	불충분한 상수도	불충분한 위생	홀리스	기아	빈민가의 열악한 주거	아동 영양실조
12억 명	6억8,000만 명	7억 명	1억 명	5억 명	인구의 40~70%	빈민가의 25~40%

Source: Satterthwaite and Mitlin (2020)

표 1. 인구로 본 개도국 도시의 기반시설 부족

못하는 가난한 인구가 빠르게 증가한다(표 1 참조).⁹

기반시설 부족의 정도를 줄이려면 해결해야 하는 **두 가지** 요소가 있다.

스마트시티 전략은 기반시설 서비스 부족으로 인한 ‘각자도생’으로 빚어지는 환경과 건강에 대한 불리한 영향을 추적할 필요가 있다

기반시설 서비스 부족은 각자도생이 확산되는 결과로 이어지고, 그러면 환경과 사회적 충격이 발생하게 된다. 다음과 같은 사례를 예로 들 수 있다.

- 저마다 바퀴가 두 개인 교통수단에 투자하여 대중교통을 이용하는 데 걸리는 시간을 단축하려고 한다. 이는 교통체증을 심하게 하고 온실가스 배출을 늘린다.
- 전력 공급 불안정에 대응하여 디젤 발전기를 구매한다. 이 또한 온실가스 배출을 늘린다.
- 비공식적인 폐기물 처리업체를 이용한다. 이로 인하여 쓰레기 투기와 토양·수질 오염, 관리되지 않는 메탄 가스 배출 문제가 발생한다.

9 Satterthwaite, D., & Mitlin, D. (2020). Understanding urban poverty in low income and middle- income nations. International Institute for Environment and Development

의도하지 않은 결과는 자카르타 광역도시권으로 설명할 수 있다. 1,000만 명 넘는 인구가 660km² 면적에 밀집하여 거주하고 있는 지역이다. 적절한 상하수도 시스템이 갖추어지지 않은 데 대응하여 주민들은 착정(강관을 삽입한 깊이 30m 이상의 우물로 펌프를 사용)과 구덩이 변소, 정화조 같은 위생 시스템을 직접 만든다. 그 결과, 지하수가 과도하게 추출되는 바람에 땅이 꺼지고 지하수와 지표수 모두 분뇨로 오염된다. 세계은행은 이렇게 자체적인 위생 조치로 인하여 자카르타가 연간 치르는 환경과 보건 악화라는 기회비용이 14억 달러에 이른다고 추산한다.¹⁰ 한편 이 지역은 지진이 잦은 해변에 위치해 있고 기후변화로 상승하는 해수면으로 인하여 전체가 타격받을 위험이 있다.

자금 격차는 스마트시티의 온전한 운영을 위해 꼭 좁혀져야 한다

유엔 아시아태평양경제사회위원회(ESCAP)는 아시아·태평양 지역의 도시들이 2030년까지 지속가능발전 목표를 달성하려면 매년 추가로 1조5,000억 달러를 투자해야 한다고 추산한다. UNESCAP-UNHCS 보고서는 지방 정부 간 유대를 강화하고 재정적 분산화에 대한 지원을 주장한다. 그럼으로써 도시가 스스로 재원을 조달하도록 동기가 부여된다고 설명한다. 현실은 어떨까. 개도국 도시가 지방세와 서비스로 조달한 재원은 매우 제한적이다. 나머지는 중앙 정부 등 상위 정부기관에서 교부한 자금과 제한적으로 접근 가능한 공적개발원조 자금으로 이루어진다. 공적개발원조는 코로나19 팬데믹과 동유럽 전쟁 발발 이후 진행된 세계 경제의 둔화로 인하여 전보다 매우 빠듯해졌다. 이와 대조적으로 자본 시장은 연기금으로 넘쳐나고 있다. 또 ESG 투자자들은 안전하고 지속가능하며 기후 친화적인 투자를 찾고 있는 반면, 더 많은 투자를 절실하게 필요로 하는 도시들은 재원과 연결되지 못하고 있다.

그림 2는 아시아·태평양 지역 도시들의 자금 조달 부족분 추산액을 부문별로 나타낸다. 일부 부문은 민간 투자를 받고 혼합형 녹색 금융을 조달할 수 있는 반면, 순수 공공재 성격을 지닌 다른 부문은 앞으로 공공 재정으로부터의 자금 조달이 필요하다. 전자의 예로는 물리적인 기반시설, 즉 교통, ICT, 상하수도, 청정 에너지 등 부문이 있다. 이들 부문은 투자자에게 만족할 만한 성과를 나타낼 가능성이 있다. 후자로는 빈곤과 기아를 퇴치하는 프로그램을 예로 들 수 있다. 또한 의료와 교육 부문도 여기에 해당한다. 생물다양성은 녹색 금융을 유치할 수 있는 특별한 영역이다.

10 World Bank. (2017). A thirst for change: Evaluation of the World Bank's water supply and sanitation sector

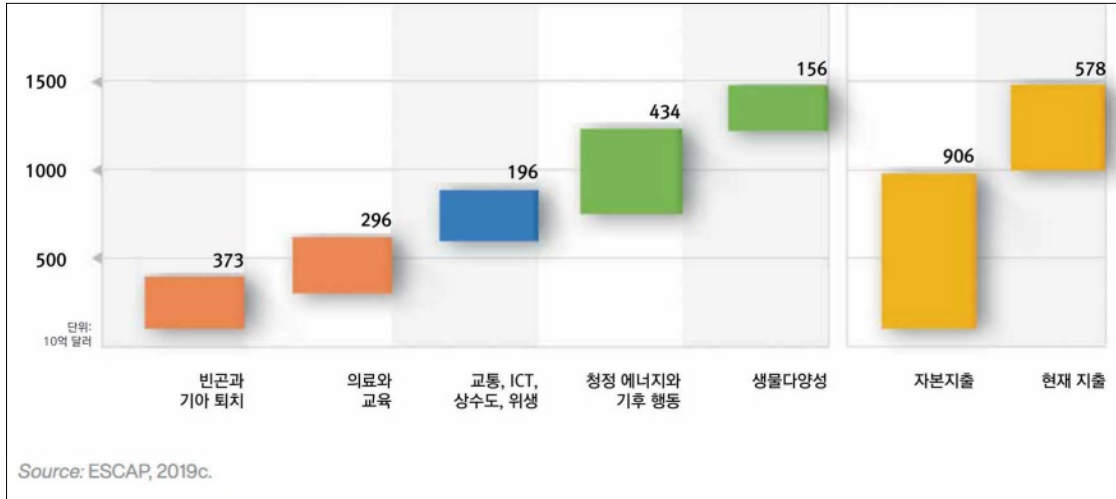


그림 2. 부문별 자금 조달 부족분

요컨대 조달해야 하는 자금 9,060억 달러 가운데 절반은 민간 투자자와 자금 대여자의 관심을 끌 수 있는 잠재력이 있다. 전제는 중앙 정부와 도시 정부 사이에 적합한 조건이 형성된다는 것이다. 이 측면은 온전한 스마트시티 정책의 일부가 되어야 한다.

기관의 타성 해결

둘째 과제는 현재 내부 책임성과 외부 책임성 모두 결여된 도시 단위 서비스 기관 개혁이다. 전형적인 사례는 동기가 부여되지 않은 시 공무원이다. 그들은 상대적으로 낮은 급여를 받고, 디지털 혁명 한참 전에 습득한 훈련과 기술에 바탕을 둔 고정적 마음가짐을 갖고 있다. 그런데 디지털 혁명은 기존 경제 구조를 무너뜨리는 동시에 도시에서도 새로 등장하는 기회에 대응하는 조직에는 더 높은 급여를 주는 일자리와 경력을 창출할 잠재력을 지닌다. 디지털 혁명은 종종 현재 진행되는 4차 산업혁명이라고 불리고 “디지털화의 영향을 새롭고 예기치 못한 방식으로 형성하고 확장한다”고 표현된다.¹¹ 이 같은

¹¹ Davis, Nicholas; “What is the Forth Industrial Revolution?” Quotation from page 1. World Economic Forum 2016 What is the fourth industrial revolution? | World Economic Forum (weforum.org)

디지털 혁명의 혜택으로 가는 과정이나 이행 속도를 시 공무원과 공공 서비스 제공자들은 더 빠르게 할 수도 있고 더 늦출 수도 있다.

고정된 제도적 사고방식에서 새로운 우선순위에 대응하는 유연한 접근 방식으로의 전환

앞에서 파악한 기관의 문제와 별개로, 기관의 타성이 이어지는 시스템적인 이유는 ‘선형적인’ 프로젝트 사이클에 바탕을 둔 프로젝트 기반 투자에 지속적으로 가치가 부여된다는 데 있다. 예를 들어 고가 고속도로 프로젝트는 별개의 투자로 여겨지고 진도가 단계별로 관리된다. 처음에 타당성 조사가 이루어진 다음에 공학 설계가 나오고 시공이 진행된 뒤 개통된다. 효율적인 관리는 각 단계를 계획대로 예산에 맞추어 마침으로써 교통체증을 해소하는 것으로 여겨진다. 하지만 고가도로는 원래 프로젝트 계획에서 예기치 못한 결과를 낳을지도 모른다. 즉 교통량이 예상보다 훨씬 많을 수도 있고, 공기 오염이 심해질 수도 있다. 시내 도로와 고가도로가 연결되는 길목은 교통체증이 새로 빚어질 수도 있다. 또 인근 주택은 고가도로로 인하여 사생활이 침해될 수 있다.

서울은 도심 고가도로 중 하나를 철거하고 원래 그 자리에 흐르던 개천인 청계천을 복원하였다(그림 3 참조). 이를 통해 시민에게 휴식 공간이자 녹색 허파를 제공하고 있으며, 그 환경과 사회적인 편익은 놀라울 정도이다. 이런 편익은 만약 이 프로젝트가 선형적이고 부문별로 추진되는 방식이었다면 구상조차 되지 않았을 것이다. 도심의 보행자 전용 공간, 예를 들어 뉴욕의 타임스스퀘어도 건강한 생활 방식을 장려하면서 탄소 배출과 교통체증을 줄이는 사례이다.



그림 3. 서울 시민과 생태계에 주어진 선물: 고가 철거와 청계천 복원

이와 비슷한 기관의 혁신은 도시의 리더들이 새로운 마음가짐을 갖는다면 개도국 도시들에서도 실현 가능하다. 종종 사회와 지역 생태계에 의도하지 않은 부정적인 결과를 빚는 한 부문의 프로젝트를 마치는 데 국한하여 초점을 맞추는 기존 관행에서 벗어나 환경적이면서 사회적이고 경제적인 가치를 동시에 담은 완성된 '상품'을 제공한다는 태도로 전환하면 된다.

이 같은 변화가 이루어지기 위한 주요 요건은 두 가지이다. 하나는 기반시설의 설계와 구현을 여러 분야와 시민을 함께 고려하는 방식으로 바꾸는 것이다. 둘째는 시 공무원들에 대한 지속적인 교육 훈련과 역량 강화이다. 그럼으로써 그들은 서울이나 요코하마, 바르셀로나 같은 도시들이 어떻게 기후 친화적인 개발을 하면서 동시에 시민과 생태계 복지를 향상시켰는지 배우고 영감을 얻을 수 있을 것이다.

확장 가능성이 있는 지역의 이니셔티브 기반 구축

개도국에도 전반적인 스마트시티 운영이 가능함을 입증한 사례들이 있다. 예를 들어 중국 항저우 Hangzhou는 시티 브레인 City Brain이라는 클라우드 기반 시스템을 개발하여 운영하고 있다. 이 디지털 플랫폼은 인공지능을 활용하여 여러 데이터, 예를 들어 교통과 도로 카메라로부터의 동영상, 버스 및 차량의 위치 데이터 등을 분석하여 향상시키는 데 활용한다. 즉 교통신호의 협응을 높이는 등 신호를 운영하여 이동 시간을 줄이고, 통근자 경험을 개선하며, 교통체증을 완화한다. 이 시스템은 또 교통사고와 불법주차를 실시간으로 점검한다.¹²

다른 사례는 케냐 나이로비의 상하수도 회사 Nairobi City Water and Sewerage Company가 제공하였다. 이 회사는 젊은 소프트웨어 개발자들로 하여금 고객의 소리 대응 체계를 현대화하도록 함으로써 약 50만 고객의 만족도를 높였다. 마지 Maji 음성 시스템을 처음 운영한 1년 동안 고객의 불만은 이전의 400건에 비하여 9배 이상인 월 3,794건으로 급증하였다. 마지는 디지털 추적을 통해 문제 해결에 걸리는 시간을 절반으로 줄였다. 마지로 수집된 데이터는 수자원을 관리하는 정부 조직인 케냐국가물서비스 규제위원회 Kenya National Water Services Regulatory Board, WASREB가 도시의 물 공급을 향상시키는

12 Future of Asia-Pacific Cities Report (op cit)

데 도움을 주고 있다.¹³

자카르타에서는 상수도 수질과 관련하여 프로퍼PROPER라는 디지털 플랫폼을 25년 이상 성공적으로 운영하고 있다. 이 시스템은 지역별 수질을 색깔로 공개하는데 금색은 최상 등급이고, 빨강은 국가 환경 규제 수준을 위반한 수질을 나타낸다. 이 간단한 수질 공개 메커니즘은 시민의 인식을 제고하였고 더욱 중요하게는 오염 물질을 배출하는 공장으로 하여금 저감 설비에 투자함으로써 국가 규제 기준 내에 들도록 압력을 가하였다.¹⁴

주요 도시 서비스의 분절되었던 정보를 통합하고 제3자 회사가 전문적으로 운영하도록 하면 시민의 피드백을 모든 기반시설에 장착된 전자 센서로부터 수집한 디지털 데이터, 지상 실측 정보 및 데이터와 결합할 수 있다. 그런 혁신은 도시 서비스의 품질과 신뢰도, 지속가능성을 개선할 수 있다. 또한 도시에 대한 잠재적인 투자자와 대출 금융기관에 신뢰할 만한 정보를 제공한다. 독립적인 디지털 데이터의 운영과 공개는 내부 책임성과 외부 책임성을 제고하기 때문이다. 일단 성과 시스템이 신뢰도를 얻으면 사회의 모든 부문으로부터 인정받게 되고, 나아가 세계 시장 참여자들로부터도 받아들여지게 된다.

바람직한 결과를 지향하는 지속적인 성과 모니터링·벤치마킹 제도화

중국과 케냐, 인도네시아의 사례들은 지역적으로 유의미한 스마트 해법이 도시 단위에서 개발될 수 있는 여러 방법 중 일부를 각각 보여주었다. 더 큰 과제는 이를 도시 전체로 확장하여 주요 기반시설 서비스 전반에 걸쳐 복제하는 일이다. 이를 가능하게 하는 이론적인 방법은 도시 서비스 성과의 다른 측면들을 파악하고 성과 경로를 추적하는 과정을 세계적으로 받아들여지는 최소 기준이 충족될 때까지 밟는 것이다. 그런 혁신은 도시 규모에서 고객에게 이로움을 줄 뿐만 아니라 외국인직접투자 및 세계 녹색 자본시장(기반시설 격차를 좁히는 데 필수적인 역할을 하는)과 기관 사이의 신뢰를 형성하는 데 도움을 줄 것이다.

13 Belcher, M., Lopez, C., Sjoberg, F., & Mellon, J. (2018, December). Majivoice Kenya. Better complaint management at public utilities. In G. Grossman, M. Belcher, & J. Rodden (Eds.), *Crowdsourcing accountability: ICT for service delivery*. World Development

14 Afsah, S., Blackman, A., Garcia, J. H., & Sterner, T. (2013). *Environmental regulation and public disclosure. The case of PROPER in Indonesia*. RFF Press

실행 지향적인 접근이 설계되어야 한다. 그 접근은 바람직한 개발 성과를 이루기 위해 주요 도시 서비스 기관들이 얼마나 실적을 나타내는지 지속적으로 보고하도록 한다. 그런 시스템은 ‘지속적인 성과 모니터링·벤치마킹 CPMB’ 시스템이라 불리고 디지털 플랫폼에 장착되어 계획 및 실행 과정을 바꾸고 여러 분야에 걸쳐 환경 목표까지 포함한 실적을 효율적으로 추적한다.¹⁵ 이를 잘 설명하는 사례를 중국에서 찾을 수 있다. 중국 중앙 정부는 온실가스 저감의 성과에 초점을 맞추어 2030년부터 주요 도시들에 저감 속도를 보고하도록 하고 있다. 영역을 아우르는 전반적인 성과를 달성하기 위해 필요한 계획 및 투자 행동에는 다음과 같은 것들이 포함된다. 화석연료를 신재생 에너지로 대체, 차량 의존을 줄이면서 대기 질은 개선하는 도시 교통수단의 재설계, 에너지와 물 사용을 줄이는 건물 보수, 스폰지 도시 개념을 활용한 회복력 있는 수자원 시스템 구축 등이다. 도시 전체의 탄소저감 실적 목표 달성에는 전력과 주거, 교통 등 관련 분야에 걸친 협업이 필요하다.

CPMB는 다음과 같은 특성을 지녀야 한다.

- 결과에 도달하는 과정뿐 아니라 결과에 초점을 둔다.
- 다양한 이해관계자들과 함께 초기에 평가 및 논의 과정을 진행함으로써 도시 변화가 무엇을 의미하는지, 지속적인 개선을 위해 어떤 기본 과정이 필요한지에 대한 공감대를 도출한다.
- 성과 정보를 도시 운영 수준에서 리더의 의사결정 과정에 내재되도록 한다. 아울러 구성원과 관련 분야 및 조직들 사이에 내재화되도록 한다.
- 전자 센서를 디지털 데이터 플랫폼에 연결함으로써 성과의 상시 측정이 가능하도록 한다. 디지털 데이터 플랫폼은 고급 데이터 분석을 활용하여 성과 기반 문화를 제도화한다.
- 체계적으로 실적을 공개함으로써 이해관계자들이 관여하면서 피드백을 주도하도록 한다. 데이터와 정보는 도시 수준의 우선순위를 파악하는 데 도움을 주고 도시 계획 과정을 강화한다.
- 공시제도는 도시 수준의 자금 지원의 위험을 평가하고 집행 의사결정을 하는 데 있어서 값진 정보 자료를 투자자와 대출 금융기관에 제공한다.

15 Afsah, Shakeb and Chris Wolz (2004). “Using continual Performance Monitoring and Benchmarking Approach” Report to the Government of Egypt

따라서 CPMB 시스템은 네트워크 지배구조의 한 형태라고 할 수 있다. 이 시스템은 도시 서비스의 다양한 측면에 대한 자율 보고를 제도화하고 자율적이면서도 상호의존적인 주체들에게 데이터를 제공한다. 기본 전제는 각 부문이 다른 부문으로부터의 입력과 도시 공동체로부터의 활발한 피드백을 받아 협업하는 솔루션을 요구한다는 것이다.

인센티브 불일치 해결

앞서 서술한 것처럼 2030년까지 지속가능발전목표를 달성하기 위해 투자와 대출을 연간 추가로 1조 5,000억 달러씩 유치하려면 막대한 외국인직접투자 및 세계 자본시장과 금융시장으로부터의 자금 유입을 필요로 한다. 중국을 제외하면 아마도 개도국의 도시 중 대다수는 아직까지 공공 기반시설을 위해 중앙정부보다 하위 단위로 자체적인 자금 조달에 실패해 왔다. 성공 사례는 단일 부문 프로젝트 투자, 예를 들어 교통망 연계 개선, 상수 물·전기 공급, 도시 주거 확장 등에 국한되고, 이는 공공-민간 제휴를 통해 가능하였다. 투자자나 대출 금융기관이 장기 파트너십을 발휘하기에는 제약이 있다. 즉 중앙 정부보다 작은 단위와 일을 하기에는 전반적인 정책과 제도적인 환경에 중대한 지배구조 및 정치적인 위험이 있다는 인식의 제약이 있다.

중앙 정부 아래 단위에서 파트너십을 둘러싼 이러한 위험들을 완화하는 경로는 기후 친화적인 투자 제안을 자발적인 탄소시장이나 ESG에 관심이 있는 기업 또는 기관에 하는 것이 될 수 있다. 다음 사례가 그 방법을 제시한다.

도시 단위의 제로 웨이스트 프로그램 설계: 제로 웨이스트 활동은 지구 차원의 기후 목표를 달성하는 데 필수적이고, 도시가 건강하고 거주할 만하며 도시화가 인간과 생태계 모두에게 혜택을 준다는 아이디어를 일반화한다.

도시화 속도가 빨라지면서 메탄 가스가 많은 고형 폐기물과 액체 폐기물이 엄청나게 발생하고 있다. 소득이 증가하고 소비주의가 강해지면서 아시아·태평양 지역 도시의 폐기물 배출이 배증하고 있다.

폐기물 증가율은 지금부터 2050년까지 인구증가율보다 두 배에 이를 것으로 예상된다. 유엔환경계획 **UNEP**은 매년 전 세계에서 고형 폐기물만 112억 톤이 배출된다고 추정한다. 효율적인 정책과 프로그램이 실행되지 않는 채 현재 추세가 계속될 경우 고형 폐기물 관련 세계 온실가스 배출량은 2050년에 이산화탄소 25억 톤에 해당할 정도로 증가한다.

제로 웨이스트는 도시 거주자는 물론 지구 환경을 위한 결과다. 집에서 배출하는 쓰레기는 고형 폐기물의 유기물과 슬러지 및 침전물로부터 발생하는 가스, 섬유, 종이 등을 포함한다. 메탄 가스는 이산화탄소보다 온난화 효과가 28배에 이른다. 이미 이산화탄소 16억 톤에 해당하는 온실가스가 고형 폐기물로부터 발생하고 있으며 이는 전체의 약 5%를 차지한다. 여기에 천천히 부패하는 슬러지와 분변에서 배출되는 온실가스가 다량 더해진다. 자발적인 탄소시장의 투자자와 탄소 상쇄 계약에 관심이 있는 다른 참여자들이 관심을 가져야 한다(표 2 참조). 하지만 근본적인 정책 전환이 생분해(유기) 물질과 생분해 불가(비유기) 물질이 관리되는 방식에 대해 이루어져야 하고, 이는 전적으로 지방 정부의 권한 아래 있다.

효과적인 제로 웨이스트 프로그램 또한 ‘채굴-생산-폐기’라는 선형적인 경제 패러다임 대신 순환적인

규제 시장	가격/톤	올해 들어 등락률 (%)	
유럽 연합	€ 87.98	-	+9.67 %
캘리포니아	\$29.03	-	-9.34 %
호주	\$32.50	-	-36.27 %
뉴질랜드	\$81.00	-	+18.33 %
한국	\$12.25	-	-51.22 %
중국	\$8.23	-0.34%	+6.60 %
자발적 시장			
항공산업 상쇄	\$2.97	-	-62.88 %
자연 기반 상쇄	\$5.33	-	-62.14 %
기술 기반 상쇄	\$1.45	-	-71.46 %

표 2. 탄소 가격 (출처: carboncredits.com, <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/?sl>)

자원 활용을 확산하는 데 기여한다. 예를 들어 건물이 지속적인 도시재생 계획에 따라 해체되면 어마어마한 양의 콘크리트와 유리, 목재, 플라스틱이 나온다. 현재 이들 폐기물 중 일부만 건물이나 도로 건설에 재활용되고 나머지는 보기 흉한 쓰레기장이나 수로에 버려지거나 소각되면서 매연을 발생시킨다. 하지만 이들 소재 중 더 많은 부분이 다시 이용되거나 재순환될 수 있다. 전자 제품에서 나오는 e-폐기물에는 독성이 강한 화학물질이 포함되어 있다.

제로 웨이스트 달성은 해당 도시는 물론 더 넓은 지역과 나아가 지구 차원에서 여러 혜택을 준다. 도시 거주자는 깨끗한 거리와 활기 있는 인근 환경, 맑은 물이 흐르는 수로의 혜택을 누린다. 지역 생태계는 고형·액체 폐기물에서 발생하는 유해 오염 물질의 피해를 덜 받는다. 세계 경제는 규제되지 않은 메탄 온실가스 배출로 인한 해로운 영향을 제거함으로써 도움을 받는다.

파일럿 프로그램이 중국 후베이湖北省 상양襄阳市에서 2017년에 시행되었다. 그림 4에 이 프로그램이 정리되어 있다. 상양의 슬러지 처리 공장은 유기 쓰레기나 슬러지로부터 메탄을 포집하여 상업적으로 판매되는 산물로 변환한다.¹⁶ 메탄 가스는 압축천연가스CNG로 바뀌어 화석 연료 대신 택시에 활용된다. 바이오차*는 도시 숲에 활용되고 관상식물용 비료로 판매되며 대기에 메탄 가스 배출을 줄이는 효과가 있다.

폐기물을 상품으로 변환하는 사업은 민간 부문에 관심을 가졌고, 공공-민간 제휴가 이루어졌다. 도시 차원에서는 여러 분야, 예를 들어 물 공급과 위생, 고형 폐기물 관리, 교통 사이의 협업이 요구되었다. 이런 과정을 거쳐 투자자가 전적으로 새로운 유형인 이 사업의 위험을 감수할 의향을 갖게 되었다.

이 과정의 아래에는 상양시 리더십의 정책적이고 조직적인 혁신이 있었다. 상양시 리더십은 폐기물 처리 과정을 ‘선형적인’ 것에서 ‘순환적인’ 것으로 바꾸었다. 즉 폐기물은 귀찮은 물질로 가능한 한 눈에 안 보이게 처리해야 한다는 접근에서 가능하면 재순환한다는 방식으로 전환하였다. 그 속에서

16 Fu, Xiaotian, Lijin Zhong, Vijay Jagannathan and Wanli Fang; “Sludge to Energy: An Environment-Energy-Economic Assessment of Methane Capture from Sludge in Xiangyang city, Hubei province” Washington DC; World Resources Institute, Working Paper 2017

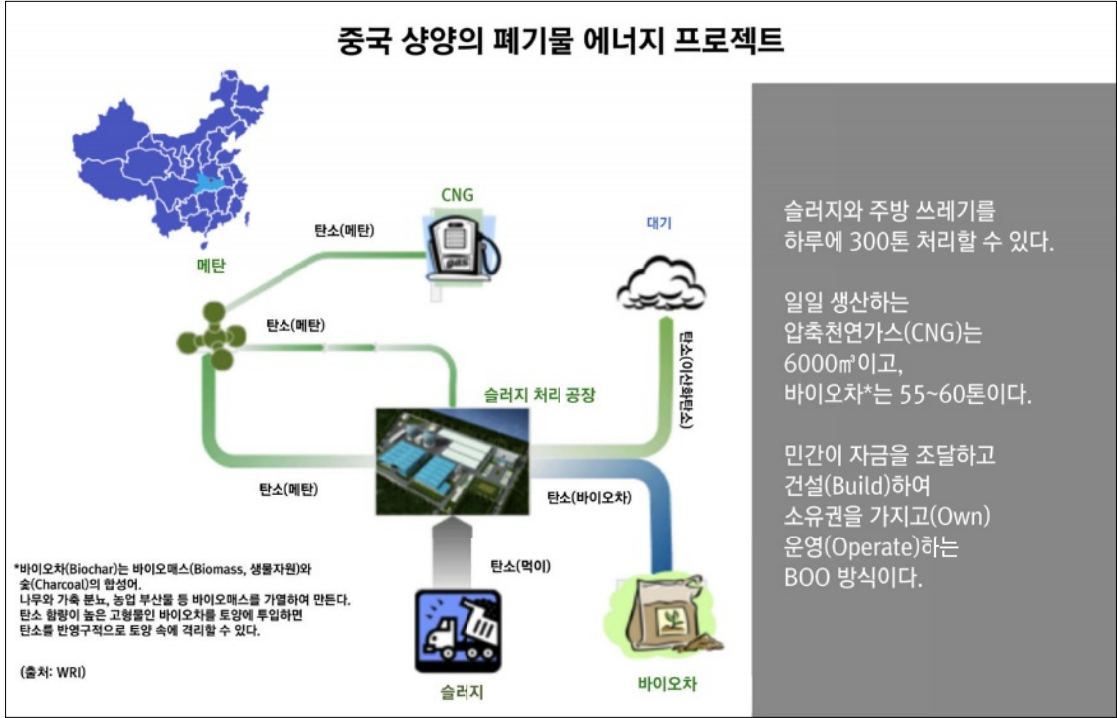


그림 4. 중국 상양의 폐기물 에너지 프로젝트

도시 단위의 이해관계자와 민간 투자자 모두 편익을 누렸다. 도시의 이해관계자에게는 깨끗해진 인근 환경, 개선된 건강, 안정적인 일자리가 주어졌다. 민간 투자자는 온실가스를 포집하여 메탄 가스와 바이오차를 판매함으로써 이익을 올리게 되었다.

녹색 금융을 유치하기 위한 도시 청-녹색 해법 개발

그림 5는 수자원이 도시 수준에서 관리되는 방식을 바꾸는 도시 청-녹색 해법의 주요 특징을 보여준다. 성과는 세 가지 측면에서 측정 가능하다. 첫째가 **시스템 효율**이고 둘째는 **비용**, 셋째는 **주거 적합성**이다. 이 해법은 홍수나 가뭄, 해수면 상승 같은 미래의 재난에 대처하는 탄력성을 강화한다는 점에서

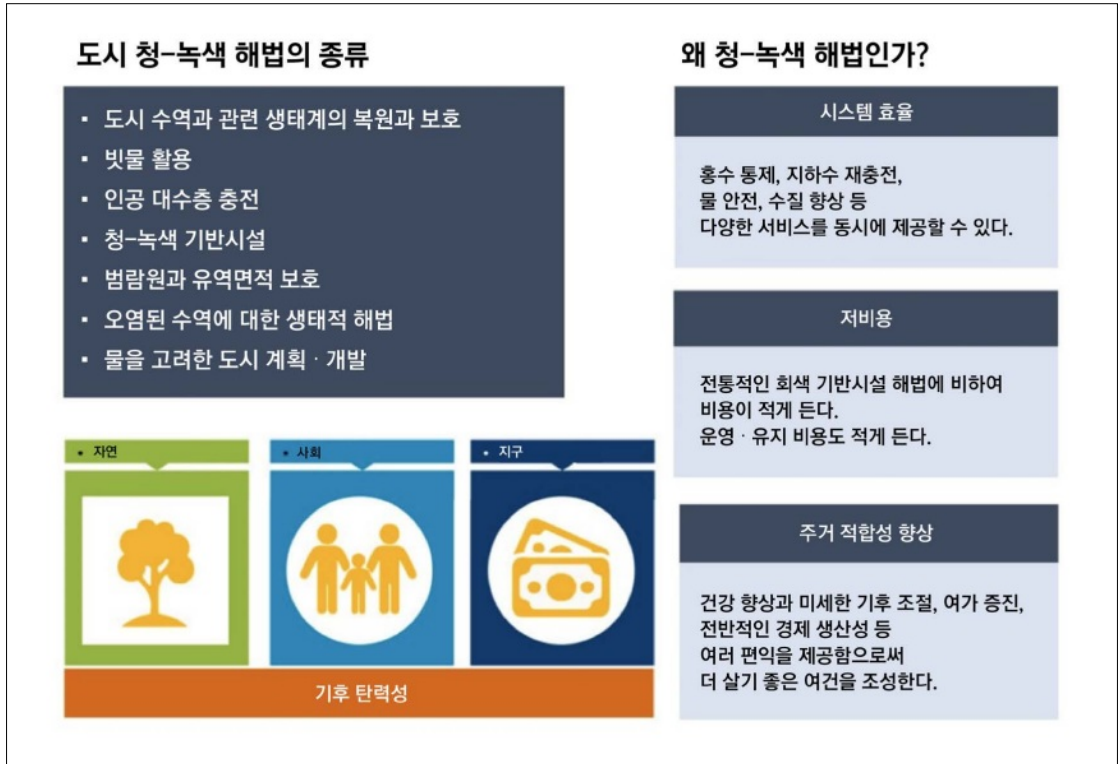


그림 5. 도시 청-녹색 해법

시스템 효율이 높다. 이 해법은 또한 기존의 자본집약적인 ‘녹색’ 투자 중 다수를 자연 기반 솔루션으로 대체함으로써 기반시설 투자 비용을 줄인다. 이 해법은 삶의 질을 향상시키는 외에 건강 증진 효과가 있으며, 이는 경제 생산성을 향상시키고 투자처로서 도시의 매력을 증진시킬 수 있다. 제로 웨이스트 사례에서와 마찬가지로 이들 장점은 기후 친화적이어서 녹색 투자자의 관심을 제고할 수 있다.

결론

개도국의 스마트시티 운영은 선진국 도시에서 진행된 양상과 동일하지 않다. 전자에서는 디지털 혁명이 몇몇 분야에서 부분부분 진행되거나 몇몇 활동에서 지역 사업가와 공동체가 대규모 기술회사의 지원을

받아 주도하면서 이루어졌다. 하지만 체계적이고 조직적이며 인센티브가 갖추어진 구조 전환이 필요한 상황이다.

개도국 도시가 직면한 과제 중 첫째는 중앙 정부보다 작은 행정 단위의 고질적인 제도적 타성을 뒤집는 것이다. 도시 행정기관은 위계 질서 속에서 움직이는데, 그 위계는 많은 주요 공무원으로 하여금 더 상위 직급만 바라보게끔 한다. 그런데 고위직은 기반시설 개발을 일련의 선형적인 프로젝트로 여기지, 기후를 의식하는 투자자와 대출 금융회사의 흥미를 끌 수 있는 도시 수준의 '지속가능 제품 제공' 패키지로 다루지 않는다. 해법은 지방 리더십이 전향적인 역할을 취하면서 모든 이해관계자를 깨어나게 해 지역 공동체와 지구 환경 모두에 도움을 주는 방안을 제시하도록 하는 것이다.

이와 달리 중국이 보여준 '하향식' 접근도 가능하다. 중앙 정부는 도시들에 관할 지역의 온실가스 배출량 저감에 대한 책임을 부여하였다. 이 정책에는 감독 및 조율 기능 이전이 수반되었다. 전에는 모든 기반시설 프로젝트의 계획과 실행을 책임진 강력한 기구인 개발·개혁위원회에 있던 권한들이 도시환경국으로 이전되었다. 도시환경국은 저탄소 정책의 실행에 책임을 지고 중앙 부처인 생태환경부에 보고한다.

둘째 과제는 분야를 아우르는 팀을 구성하여 기후 친화적인 투자 기회를 증진하는 기술 발달과 지역 기업가정신을 장려하는 일이다. 기후 친화적인 투자는 지역 공동체와 지역 생태계, 지구 환경의 공동 편익을 극대화한다. 이 협력의 관건은 다른 도시의 실제 성공과 실패로부터 배우도록 하고 선진국 스마트시티의 유효한 경험을 적용하면서 지역 연구기관과 시민사회단체, 젊은 기업가를 연결하는 제휴 관계를 형성하는 데 있다.

셋째 과제는 이들 과정을 지속함으로써 녹색·ESG 투자자들로 하여금 도시 수준의 프로젝트를 꺼리게 하는 지배구조 위협에 대한 인식을 씻어내는 것이다.

Urban Strategy:

Local Digital Twins

for Sustainable Mobility and Livable Cities

도시 전략:

지속가능한 모빌리티와

살기 좋은 도시를 위한 지역 디지털 트윈

히에로니무스 크리스티안 보르스트

Hieronymus Christiaan Borst



히에로니무스 크리스티안 보르스트(Hieronymus Christiaan Borst)는 2021년 이후 네덜란드 응용과학연구소TNO의 교통수송 유닛에서 접근 가능성과 주거 적합성에 미치는 사회적 영향을 연구하는 클러스터의 매니저로 활동하고 있다. TNO는 1932년에 설립된 네덜란드의 독립 응용과학연구소이다. 네덜란드에서 최대 규모인 이 연구소에서 과학자 약 3,000명이 기초연구와 상용화의 중간 다리 역할을 수행한다. 구체적인 연구 주제는 디지털화와 자동화, 전기화가 모빌리티와 건축된 환경 분야에 미치는 영향이다. 모빌리티 전환과 관련하여 전 세계 도시와 긴밀하게 협력하고 있다. 모빌리티와 에너지 전환을 다루기 위해 도시가 지역 디지털 트윈을 개발하고 적용하는 연구를 수행한다. 앞서 2020년까지 약 4년 동안에는 프로그램 매니저로서 TNO 도시 전략 개발을 수행하였다.

jeroen.borst@tno.nl

● 초록 ●

도시화에 따른 공간 압박 속에서 모빌리티와 에너지의 전환이 이루어지면서 도시는 크고도 급박한 과제에 직면해 있다. 이런 배경에서 지역 디지털 트윈(Local Digital Twins, LDT)이 인기를 끌고 있는데, 과제를 해결하기 위한 의사결정을 잘 내리는 데 필요한 정보와 통찰을 얻는 데 도움을 준다. LDT 기술의 대규모 확장 and 현실 적용에는 방해 변수들이 존재하며, 상호운영성과 실질적인 가치가 대표적이다. 이 글은 지속가능한 모빌리티와 살기 좋은 도시를 만들기 위한 지역 디지털 트윈 개발의 측면에서 TNO의 도시 전략을 소개한다(TNO는 1932년에 설립된 네덜란드의 독립 응용과학연구소이다. 네덜란드에서 최대 규모인 이 연구소에서 과학자 약 3,000명이 기초연구와 상용화의 중간다리 역할을 수행한다. 역자 주). 이 글은 기술 부분에서 데이터와 소프트웨어 구성 요소 간 상호작용과 상호운영을 가능하게 하는 설계에 따라 소프트웨어 구성 요소를 어떻게 개발할지에 대한 통찰을 제공한다. 모델 부분에서는 상호작용하는 기능을 위해 다른 영역에 있는 과학이 어떻게 적용될 수 있는지에 대한 통찰을 준다. 델리와 싱가포르, 퀴라소, 안트베르펜, 암스테르담 등의 사례는 지역 디지털 트윈을 실용적으로 적용하여 실행할 수 있음을 보여준다. 이들 사례로부터 배운 교훈이 있다. 탄탄한 기술적·과학적 접근과 상호작용성·안전성·상호운영성 같은 특징 외에 성공적인 LDT 실행의 관건이 되는 요소들은 다음과 같다는 것이다. 1) 도시 운영 부서와 혁신 담당 부서의 협력. 이 협력은 선출된 리더십에 의해 지원받아야 한다. 2) 해당 지역의 이해관계자들과의 협력(삼중 나선). 여기에는 데이터와 소프트웨어 구성 요소의 상호운영성이 필요하다. 3) (지역) 지식 기관(예컨대 대학)과의 연결. 이는 지식 교환과 지역 역량 개발을 위해 필요하다. 이 같은 방식으로 지역 디지털 트윈은 지속가능한 모빌리티와 살기 좋은 도시에 기여할 수 있다.

키워드

스마트시티, 디지털 트윈, 예측 가능한 모델링, 지속가능성, 주거 적합성

● ABSTRACT ●

The battle for space in cities due to urbanization in combination with transitions in mobility and energy cause big and urgent challenges. Local Digital Twins (LDTs) are gaining popularity in cities to help to gain insight and make well informed decisions to overcome these challenges. Amongst other issues, interoperability and perceived practical value tend to hamper the large scale uptake and practical applicability of LDT technology. This paper describes TNO's Urban Strategy to build Local Digital Twins for Sustainable Mobility and Livable cities. A technology overview provides insight in how the software components are developed along with an architecture to allow interactivity and interoperability between data and software components. An overview of models provide insight in how science in different domains is being made applicable for interactive usage. With examples in Delhi, Singapore, Curacao, Antwerp and Amsterdam the practical applicability as well as the implementation of Local Digital Twins are demonstrated. Lessons learned from these examples are that, beside a sound technical and scientific approach, features regarding interactivity, integrality and interoperability, key elements of successful LDT implementations are 1. Collaboration between city operations and innovation office, supported by elected leadership; 2. Cooperation with local stakeholders (triple helix), requiring interoperability of data and software components; 3. Connection to (local) knowledge institutes (e.g. universities) to secure the exchange of knowledge and local capacity building. This way Local Digital Twins can contribute to Sustainable Mobility and Livable Cities.

KEYWORDS

Smart cities, Digital twin, Predictive modelling, Sustainability, Livability

시작하며

도시화라는 세계적인 흐름은 지속될 듯하다. 그 결과, 세계의 도시 인구 비율은 2014년 54.5%에서 2050년 70% 가까운 정도로 높아지리라 예상된다(Karuri-Sebina et al., 2016). 이 추세로 인하여 도시의 공공 공간에 가해지는 압박이 커지고 있다(Balikçi, Giezen & Arundel, 2021). 다양한 활동을 계획하는 동시에 여러 사회적 목적을 달성하는 것은 도시에 있어 도전적인 과제이다. 도시에 요구되는 다양한 활동에는 주거와 여가, 모빌리티, 레저, 소매, 생산 등이 있다. 사회적인 목적으로는 매력적이고 건강에 도움이 되는 주거 환경 조성과 누구에게나 지속가능하고 안전하며 접근 가능한 교통을 제공하기 등이 있다. 이들 목적은 유엔의 지속가능발전목표 Sustainable Development Goal, SDG 중 11번인 ‘포용적이고 안전하고 탄력적이며 지속가능한 도시와 거주지 조성’에 해당한다.

이런 가운데 세 가지 중요한 흐름이 도시 모빌리티를 바꾸고 있다. 디지털화와 전기화, 자동화이다. 디지털화는 ‘서비스로서 모빌리티 Mobility-as-a-Service, MaaS’ 같은 새로운 형태의 모빌리티를 제공하는 플랫폼을 가능하게 한다. MaaS의 두 가지 주요 구성 요소는 (공유된) 교통 서비스(지상의 바퀴)와 MaaS 플랫폼(교통수단 검색과 예약, 결제를 통합하는 앱)이다. MaaS는 여러 종류의 교통 방식과 서비스를 함께 이용하고 쉽게 활용하도록 한다. 따라서 MaaS는 상품인 모빌리티(교통수단의 소유)로부터 서비스인 모빌리티(이동체의 접근)로 전환하는 과정의 일부이다(Araghi et al., 2020; Münzel, 2020). 모빌리티에서 데이터 공유가 점점 더 중요해지고 있다. 정부가 공공 공간의 활용에 대해 장악력을 유지하려면 데이터 교환에 대한 통찰이 필요하다. 잘 형성된 공공 부문과 민간 부문의 협업은 결국 가장 효과적인 전략으로 드러날 것이다. 또 사회적인 목적을 향한 전진에 도움을 줄 것이다(Vonk Noordegraaf et al., 2020). 차량의 자동화와 연결된 모빌리티는 운전자의 역할(과 책임)을 바꿀 것이다. 가장 의욕적인 회사들은 몇몇 다른 주요 유형을 목표로 제시하고 있는데, 로보택시라고 불리는 승차 호출 서비스도 그중 일부이다. 자율주행 차량 AV은 이동자 행동과 네트워크 체증을 크게 변화시킬 듯하다(Levin & Boyles, 2015). 출퇴근 시간의 가치가 달라지면서 이용자들은 더 먼 통근 거리를 받아들일 수 있다. 예를 들어 도시에서 일하면서 주거지는 근교나 더 먼 농촌마을로 선택할 수 있다(Fraedrich et al., 2016). 이는 토지 활용과 부동산 가치에 잠재적인 영향을 줄 것이다(Razin, 2018). 모빌리티의 전기화에 따라 대기 오염 물질의

배출이 감소하고, 낮은 속도에서는 소음과 비용 구조 또한 줄어들 것이다. 특히 이들 흐름의 결합은 모빌리티 문제와 사람들이 도시를 다니는 방식에 영향을 줄 것이다. 잘 운영된다면 이들 흐름은 차량의 소유 및 이동 감소, 도시 공간 활용 감소, 더 깨끗한 대기, 더 좋은 주거 환경으로 이어질 것이다. 하지만 규제가 없다면 이 같은 새로운 기술은 차량 활용 증가와 교통체증, 도시 공간 활용 증가를 초래할 것이다 (Agarwal, Mari & Tekang, 2019). 의사결정자, 특히 교통정책 담당자들은 이들 흐름과 모빌리티의 전기화, 자율주행 차량과 새로운 모빌리티의 증가에 의해 발생하는 도전과제를 인지하고 있어야 한다. 전자에서는 순수 전기차의 비중이 더 커질 것이고, 후자에서는 차량 개별 소유에서 차량 공유로의 전환이 이루어질 것이다 (Pereirinha et al., 2018). 스넬더 등(Snelder et al., 2022)은 의사결정자들이 자전거와 대중교통을 포함한 모든 이동 방식에 초점을 맞출 것을 권고한다. 또 자동화와 연결성, 공유, 전기화에 투자하고 미래 모빌리티 시스템에 대한 다양한 비전을 창출하라고 권유한다. 아울러 다른 솔루션들을 언제, 어디에 투자할지 결정하는 작업에는 네 그룹의 이해관계자들을 참여시켜야 한다고 말한다.

지역 디지털 트윈 또는 디지털 도시 트윈이 점점 더 인기를 끌면서 도시 맥락에서 더 적용되고 있다 (Raes et al., 2022). 케츨러 등(Ketzler et al., 2020)은 도시를 위한 디지털 트윈이 어떻게 세계적인 관점에서 실행될 수 있는지 사례를 들어 서술하였다. 이 관점에서 가장 큰 과제는 레이 등(Lei et al., 2023)이 발견하였는데, 상호운영성 및 실용적인 가치와 관련이 있다.

TNO는 응용과학연구소로서 과학이 기업과 사회에 적용될 수 있도록 만드는 역할을 맡고 있다. 도시와 지역 이해관계자들이 도시가 처한 과제를 극복하기 위해 지역 디지털 트윈을 적용하도록 돕기 위해, TNO는 ‘도시 전략’을 개발하였다(Borst et al., 2011; Borst, 2022). 도시 전략 기술은 도시와 지식기관(예컨대 대학), 민간 이해관계자들로 하여금 상호작용하고 온전하며 예측 가능한 도시 디지털 트윈을 만들도록 한다. 이 글은 도시 전략의 기술적인 개요를 서술함으로써 ‘별개의 분리된 솔루션 silo’ 사이의 상호운영성과 관련된 과제를 극복하는 방안에 대한 통찰을 제공하고자 한다. 응용 사례는 지역 디지털 트윈이 개념증명 Proof-of-Concepts 단계를 넘어 부가가치를 창출함을 보여준다. 이 글의 결론은 지속 가능한 모빌리티에 기여하고 도시의 거주 적합성을 향상시키는 측면에서 미래 발전의 몇 가지 모습을 제시한다.

방법론: 도시 전략을 지닌, 예측 가능한 지역 디지털 트윈

도시 전략 개발의 목적은 온전하고, 상호작용하고 예측 가능하며, 상호운영도 가능한 지역 디지털 트윈을 가능하게 하는 데 있다. 온전하다는 것은 여러 영역을 커버한다는 의미이다. 예측 가능하다는 것은 작업장의 시간 틀 속에 도출된 시뮬레이션 결과에 대한 서술이다. 또 상호운영이 가능하다는 것은 데이터가 교환될 수 있음을 뜻한다. 이 섹션은 도시 전략의 구성 요소와 설계의 원칙을 서술한다. 아울러 지속가능한 모빌리티와 살기 좋은 도시를 만들기 위해 실행되어온 예측 가능한 모델을 설명한다.

우리는 디지털 트윈 플랫폼이 다음 네 가지 요소로 이루어진다고 정의한다. 이는 그림 1로도 나타냈다.

1. 데이터 서비스(데이터 저장과 교환): 데이터를 디지털 트윈에 공급하기 위해 데이터에 걸린 잠금을 해제하고 데이터를 요청하는 서비스. 따라서 다른 데이터 사일로나 데이터 공간의 데이터를 교환하는 활동. 데이터 솔루션으로는 윌킨슨 등(Wilkinson et al., 2016)이 정리한 FAIR 원칙(이에 대해서는 잠시 후에 설명된다. 역자 주)에 따르는 것이 선택된다.

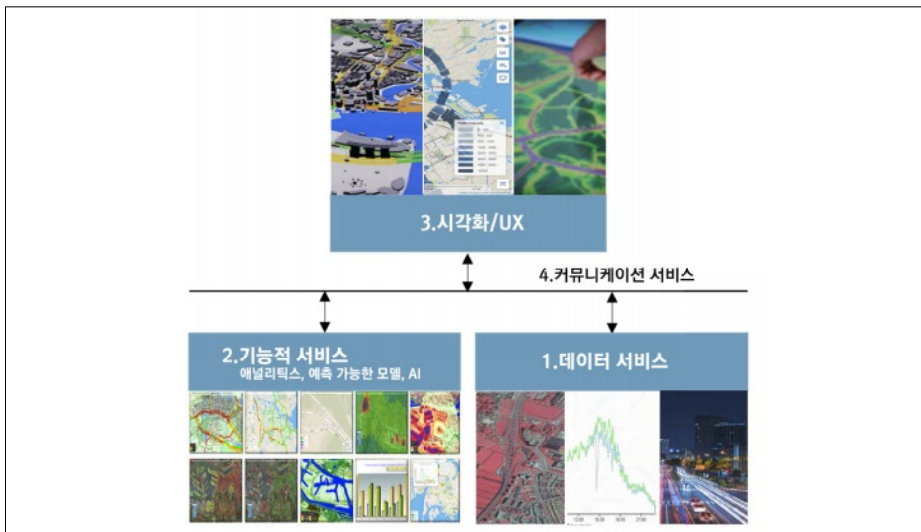


그림 1. 도시 전략 설계: 데이터 서비스와 기능적 서비스, 시각화를 커뮤니케이션 서비스를 활용하여 결합

2. 기능적 서비스(애널리틱스, 예측 가능한 모델, AI): 이들 서비스는 구체적으로 디지털 트윈에 적용된 모델들을 지휘할 필요성에 대한 것이다. 그럼으로써 모델들은 예컨대 가상 시나리오를 시뮬레이션하기에 적합해질 것이다. 도시 전략에서 여러 모델이 실행되었고, 이는 이 섹션에서 나중에 설명된다.
3. 시각화와 사용자 환경 UX 서비스: 이와 관련하여 지리 공간 시각화 또는 분석적인 시각화 툴을 떠올릴 수 있다. 도시 전략의 UX는 2차원 2D 웹 인터페이스와 3차원 3D 인터페이스, 계기판 등으로 구성된다(그림 2 참조).
4. 커뮤니케이션 서비스(통합 프레임워크, API): 이들 서비스는 예컨대 디지털 트윈에서 상호운영성이 보장되거나 API를 활용 가능하게 한다. 도시 전략 통합 프레임워크는 IMB라 불리고 디지털 서비스와 분석 모델, (웹) 시각화를 연결하는 쪽으로 개발·적용되어 왔다(Hofman, Lohman & Schelling, 2011). 플랫폼 애그노스틱(어떤 운영체제나 프로세서의 조합에 대한 지식 없이도 기능을 수행할 수 있는 소프트웨어 기술) 실행은 사실 클라우드나 개방 클라우드(예를 들어 Microsoft AZURE)에서



그림 2. 암스테르담의 도시전략 지역 디지털 트윈과의 상호작용 사례

구축형 **on premise** 구성 요소 간 상호운영성을 허용한다.

도시 전략에 바탕을 두고 개발된 디지털 트윈의 상호운영성을 보장하기 위해 다음과 같은 FAIR 원칙이 준수되었다(Wilkinson et al., 2016).

1. **검색 가능 Findable**: (메타)데이터에 세계 공통으로 통용되는 고유하고 일관성 있는 식별자가 부여된다. 데이터가 풍부한 메타데이터로 묘사되고 데이터를 묘사하는 데이터의 식별자를 포함한다. 또 데이터는 검색 가능한 자원 속에 등록되거나 인덱스로 처리된다.
2. **접근 가능 Accessible**: 개방되고 무료이며, 보편적으로 실행 가능한 표준 커뮤니케이션 프로토콜을 활용하여 식별자로서 검색하여 데이터를 불러올 수 있어야 한다. 그 프로토콜은 인증과 권한 부여 과정을 고려한다. 이 과정에서 필요한 메타데이터로의 접근이 허용되는데, 설령 해당 데이터로의 접근이 더 이상 가능하지 않을 때도 마찬가지다.
3. **상호운영 가능 Interoperable**: 다른 데이터와의 통합을 허용하고, 분석과 저장, 처리를 위해 애플리케이션이나 워크플로우와 상호운영이 가능하도록 하려면 데이터는 접근 가능하고 공유되며 널리 적용 가능한 언어를 활용해야 한다. 그 언어에는 다른 (메타)데이터에 대한 언급이 포함되어야 한다.
4. **재활용 가능 Reusable**: 메타데이터와 데이터가 잘 묘사되어야 한다. 그래서 다른 환경에서 복제되거나 결합될 수 있어야 하며 영역에 적합한 커뮤니티 스탠더드를 충족해야 한다.

유럽연합 **EU** 프로젝트인 디지털 도시 유럽 표준 **Digital Urban European Twins, DUEI**의 정책 보고서에서 래스 등(Raes et al., 2022)은 사일로를 아우르는 디지털 트윈을 구축해야 한다고 권고하였다. 이 권고에 따라 도시 전략의 현재 모델들은 무엇보다 다음 주제를 다루고 통합한다.

- **교통 수요**. 교통 지역당 활동에 기반을 둔 유형당 이동 횟수. 현재 전통적인 네 단계의 모델이 오투자와 윌름센(Ortúzar and Willumsen, 2011)이 서술한 바에 따라 실행되어 왔다. 주(Zhou et al., 2019) 등은 더 정교한 (활동 기반의) 교통 모델을 고성능 컴퓨팅을 활용하여 적용 가능하게 만

들 수 있는지 서술한다. 에람팔리(Errampalli et al., 2018) 등은 도시 전략 속에 실행된 도시 물류를 위한 수요 모델을 제시하였다.

- **다양한 유형을 포함한 교통 네트워크.** 도로 교통과 대중 교통, 자전거, 수요 응답형 교통수단 Demand Responsive Transit 등 공유 모빌리티를 포함한다(Van der Tuin et al., 2022). 아울러 도시 물류의 다양한 유형도 아우른다(Errampalli et al., 2020).
- **오염 물질의 배출과 농축에 대응한 대기질 관리.** 도로 교통의 특성과 운행 교통수단의 구성, 해당 지역의 지형, 기상학, 배경 오염 물질 농축 등을 바탕으로 이루어져야 한다. 이와 관련하여 SRM-1과 SRM-2로 알려진 네덜란드의 표준 계산 방법이 실행된다(RIVM, 2014). 이들 방법을 다른 나라에 적용할 때에는 울리히(Uhlig et al., 2018) 등이 제시한 것처럼 오염 물질 배출과 배경 오염 물질 요인을 조정할 수 있다.
- **소음 발생과 확산, 영향.** 네덜란드의 계산 방법에 따르면 소음 발생과 확산, 영향은 교통의 특징과 차단 물체, 도로 표면 유형, 주거지의 위치를 바탕으로 평가되어야 한다(Borst et al., 2009). 이 모델은 움직이는 원천(도로와 철도)과 고정된 원천(산업)에서 실행되었다. 또한 이 모델은 다른 맥락의 응용에도 채택될 수 있다. 소음 지도를 바탕으로 한 노출 측정을 기초로 한 충격 지수가 소음에 대한 용량반응곡선(Miedema & Groothuis-Oudshoorn, 2001)에 따라 도출될 수 있다(Borst & Miedema, 2005).
- **모빌리티의 에너지 활용.** 대중교통을 포함한 예상 전력 수요, 전력망(전력망 부하)에 대한 영향, 지역 신재생 에너지 원천에 대한 영향.

도시 공간과 모빌리티, 환경, 에너지의 상호작용적인 계획이라는 야심 찬 목표를 위해서는 모델이 GPU Graphical Processing Units로 병렬처리함으로써 상업적인 기성 솔루션보다 속도가 훨씬 빨라야 한다. 데이터 수집과 공유를 위해 오픈 스탠더드와 오픈 링크를 적용하는 추가 확장이 예상된다. REST API는 외부 소프트웨어 환경과의 상호작용을 손쉽게 한다.

지속가능한 모빌리티의 적용: 델리, 싱가포르, 쿼라소

모델들을 결합하면 지속가능성과 삶의 질을 향상시키기 위해 시나리오들을 온전히 테스트할 수 있다. 도시 전략을 활용한 디지털 트윈은 여러 도시에서 적용되어 왔다.

지속가능한 모빌리티를 위한 적용 사례는 에람팔리 등(Erampalli et al., 2020)이 서술하였다. 인도 델리의 도시 화물 수송이 교통체증과 대기오염에 미치는 영향을 줄이는 정책을 돕기 위해 델리의 중앙도로 연구소The Central Road Research Institute와 델프트공과대Technical University Delft, TNO는 도시 화물 수송 모델을 개발하였다. 이 모델은 이동 생성과 이동 분포, 교통수단별 분산, 이동 배정이다. 새롭게 관찰된 화물과 수송 수단, 이동 특징을 사회경제적인 자료와 토지 활용 데이터와 결합하여 도시 전략을 활용한 네 단계 모델이 실행되었다. 이 모델은 화물 허브와 진입 제한 등 몇몇 교통 정책을 평가하는 데 적용되었다. 교통체증과 오염 물질 배출 측면에서 모델이 내놓은 결과를 바탕으로 노후 교통수단을 대체하기 위한 조치로서 차량車齡 제한이나 전기차 보급 등 방법이 효과적이라는 결론을 제시하였다.

싱가포르에서는 육상교통청Land Transport Authority, LTA이 대중교통 친환경화를 목표로 삼고 있다. LTA는 2030년까지 버스의 절반을 전기차로 대체하고 2040년까지 이 비율을 100%로 완성할 계획이다. 이산화탄소, 질소산화물, 미세먼지 등을 덜 배출하는 전기 버스는 일찍부터 싱가포르에서 채택되어 왔다. 버스 전체를 전기차로 대체하려면 싱가포르 고유의 여건 속에서 여러 변수들을 잘 이해해야 한다. 차량 특성 사이의 복합적인 상호작용과 충전 전략, 대중교통 수요, 버스 노선 등에 대해 시행착오를 거치면서 연구해야 한다. 전기 버스로의 전환을 지원하기 위해 도시 전략을 활용한 (전기) 버스 시스템의 디지털 트윈이 개발되었다. 이는 여러 해법들과 기술, 운영 전략 사이의 상쇄 관계에 대해 통찰을 제공하였다.

지속가능한 모빌리티를 위해 지역 디지털 트윈을 이용한 또 다른 곳이 쿼라소섬이다. 쿼라소섬은 에너지 시스템을 더 지속가능하도록 만드는 주요 조치를 취하였다. 이곳은 아직도 에너지 공급을 위해 수입 화석

연료에 크게 의존하고 있다. 이런 상황은 사회적으로나, 경제적으로 취약하게 하므로 퀴라소섬은 수입 화석연료에 대한 의존도를 낮추고자 한다. 지속가능하게 만들어진 에너지 운영으로의 전환은 전면적인 시스템 변화를 요구한다. 에너지 생산부터 취합, 저장, 배분, 구매에 이르는 사슬 전체가 바뀌어야 한다. 따라서 신재생 에너지를 기반으로 구현 가능한 혁신과 최적화 에너지 시스템을 위해서는 사슬 내 각 부분에 대한 이해가 필수적이다. 이는 퀴라소섬에서도 다르지 않다. 게다가 퀴라소섬에서 미처 개발되지 않은 지속가능한 에너지 형태, 예를 들어 태양광, 풍력, 폐기물, 바이오매스 등은 퀴라소섬을 더 지속가능하게 만드는 데 있어 기회를 제공한다. 모빌리티 및 에너지 전환을 시작하기 위해 퀴라소는 네덜란드와 공동으로 리빙랩 Living Lab을 설립하였다. 이 접근에서 필수적인 부분이 지식 전수이고, 여기에는 디지털 트윈 퀴라소가 중심 역할을 한다. 디지털 트윈 퀴라소는 퀴라소대가 운영한다. 퀴라소섬에서 고품질의 지식을 개발하고 유지하는 데에는 퀴라소대와의 고강도 협력이 이루어져 왔다. 이 대학의 학생들과 운영진은 에너지와 모빌리티 전환을 가능하게 하는 데 필요한 기술을 교육받고 있다(그림 3 참조). 디지털 트윈 퀴라소는 전환을 위한 조치가 섬 전체에 미치는 영향을 시뮬레이션하고 예측하며, 이해관계자들 사이의 상호작용을 가능하게 한다. 디지털 트윈 퀴라소는 여러 정책을 선택하는 데 따른 시나리오들을 바탕으로 적합한 평가를 내리는 데 도움을 준다. 선택 대상은 전기 버스로 시작하는 교통수단의 전기화와 전기차 패널로 시작하는 지속가능한 에너지의 생산 등에 걸쳐 있다. 지역 디지털 트윈은 에츠코비츠와 레이데스도르프가 서술한 ‘삼중 나선’ 협력(Etzkowitz & Leydesdorff, 1999) 속에서 다양한 공공 및 민간 편익(삶의 질, 접근 가능성 등)에 미치는 영향을 평가하는 데 활용된다.

지속가능한 모빌리티와 살기 좋은 도시를 위한 지역 디지털 트윈: 안트베르펜과 암스테르담

imec와 TNO, 독일 교통회사 PTV, 차량용 내비게이션 지도 사업체 톰톰 TomTom은 2018년에 벨기에 안트베르펜의 디지털 트윈을 개발하기 위해 힘을 합쳤다. (imec는 벨기에와 프랑스, 네덜란드 3국이 공동으로 1984년에 설립한 유럽 최대 규모의 비영리 종합 반도체 연구소이다. 역자 주) 안트베르펜의 3D 디지털 트윈은



그림 3. 퀴라소대 학생들이 지역 디지털 트윈으로 일하는 방법을 교육받고 있다.

소음 데이터와 센서에서 실시간으로 수집하는 대기질 및 교통 정보와 컴퓨터 모델을 결합한다. 이 디지털 트윈은 도시의 최신 상황과 예측을 제공하므로 계획 중인 조치가 디지털 트윈에서 시뮬레이션되고 테스트될 수 있다. 이 디지털 트윈은 다음과 같은 역할 분담 속에서 개발되었다. TNO는 도시 전략 시뮬레이션 플랫폼을 제공했다. imec는 이 바탕에 상호작용하는 인터페이스를 새롭게 만들었다. 또한 실시간으로 모델에 대량의 데이터를 주기 위해 센서 데이터를 제공하였다(imec, 2018). 이 사례로부터 imec은 EU로부터 자금을 지원받아 디지털 도시 유럽 표준 **Digital Urban European Twins, DUET**을 개발하였다. 이 모델을 통해 디지털 트윈 기술은 정교해졌고, 유럽 전역의 도시에 적용할 수 있게 되었다.

암스테르담시와 TNO는 장기적으로 전략적 협력을 하기 시작하였는데, 그 목적은 도시 전략의 지원 아래 이루어지는 도시 계획과 통합 모빌리티 계획에서 맞닥뜨릴 수 있는 과제를 해결하고 새로운 과제와 병목을 파악하며 시스템 간섭·관찰·평가에 도시 전략을 개발하고 활용하는 데 있다. 달리 표현하면 달린 ‘학습 사이클’을 만들고 가설을(실시간) 데이터로 검증하는 협력이다. 출발점은 시의 최고기술책임자 **CIO**와 교통·공공장소국(V&OR)이 선출된 리더(부시장)의 지원 아래 협력하는 것이다. 이 협력의 지속가능성은

지역 디지털 트윈의 부가가치를 뚜렷하게 보여준다. 협력 성공의 관건은 적용 가능성과 지속적인 혁신의 결합이다. 도시 전략은 암스테르담 상업 지구인 자위다스Zuidas의 재건축 계획을 돕는 데에도 적용된다. 과제로는 장기간(10년) 동안 (재)건축되는 이 지구의 접근 가능성과 거주 적합성을 유지하기가 있다. 더 시급한 과제는 도시의 다리와 부두의 유지이다. 도시 전략에 따라 암스테르담시는 재건축이 교통과 접근 가능성에 미치는 영향을, 1,600개 교각과 600km에 이르는 부두와 해안, 5개 터널을 고려하여 평가한다. 초고속 디지털 트윈 덕분에 암스테르담시는 도시가 잘 돌아가도록 최적의 계획을 세울 수 있다. 암스테르담시와 TNO는 공유 모빌리티의 선택지를 탐색하여 여러 변수, 즉 이용 가능성과 공간 분배, 공유 모빌리티의 활용 예상, 영향(예: 공간 이득) 등을 최적화한다. 시 당국의 목적은 차량 소유를 줄이고 대중교통이나 도보, 자전거 같은 지속가능하고, 혹은 활동적인 이동 방식의 비중을 늘리는 것이다. 도시 전략에서 무료 공유차량이 모빌리티에 추가되었다. 공유차량으로부터 나오는 데이터는 모델 검증에 활용된다. 다양한 정책 선택(예: 이용 가능성, 요금)이 모델에서 다루어져 왔다. 암스테르담에서는 공유 모빌리티를 실행하기 위한 시나리오들이 시뮬레이션되었다. 이때 차량 대수와 차량당 이동 수치, 공공장소 무료 개방의 영향 등이 고려되었다. 그림 4는 암스테르담 지역 디지털 트윈이 보여주는 도로 교통 상황이다.

향후 작업의 방향

시 정책과 기반시설 투자, 다른 관여의 영향을 시뮬레이션하려면 이동자의 기존 이동 방식(대중교통, 차량, 자전거) 선택에 대한 이해와 새로운 방식 및 개념(공유 모빌리티와 마이크로 모빌리티, MaaS 등)의 선택에 대한 이해가 필수적이다. 선택 행동 예상에 쓰이는 이산선택모형Discrete choice models, DCM은 양자 선택의 일반화된 비용을 계산하는 효용함수를 활용한다. 연구의 초점은 무엇보다 다음에 맞추어 질 것이다. 새로운 형태의 모빌리티(예: 공유 모빌리티와 개인 모빌리티 기기)의 효용함수(Knapen et al., 2021; Clercq et al., 2022), 활동적인 모빌리티(Borst et al., 2009), 이동하지 않음(재택근무), 시간과 비용 이외에 그 방식의 신뢰도나 사회적 위상 같은 측면을 포함할 가능성 등이다. 아울러 우리는 도시 내 이동을 위한 기존 이동 방식의 선택을 이해하고 예측하기 위해 AI를 활용하는 방안을 연구할 것이다. 여기에는



그림 4. 디지털 트윈이 보여주는 암스테르담의 도로 교통 상황

개인이 이동할 때 선택하는 이동 방식을 예측하는 의사결정 지원 시스템이 활용된다. 이에 대한 선택에는 이동 방식의 특성과 개인적인 성향이 반영될 것이다(Walraven et al., 2022).

전통적으로 모빌리티와 기반시설 계획은 교통 시스템의 효율에 초점을 맞추었다. 오늘날에는 지역사회에 미치는 영향의 분포를 비롯한 다른 요소를 고려하는 당국이 점점 많아지고 있다. TNO는 네덜란드 기반시설·물 관리부 [Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management](#)로부터 용역을 받아 모빌리티 분야에서 넓은 의미의 복지 지표들에 대한 초기 연구를 진행해 왔다(Vonk Noordegraaf et al., 201). 다음 단계는 이들 지표를 사전 평가에 활용 가능하도록 개선하는 일이다. 아울러 발생할 수 있는 충격을 더 심층적으로 연구할 필요가 있는데, 이를 위해서는 이들 지표의 공간 및 타깃 그룹의 분포를 조사해야 한다. 현재 암스테르담 자유대 [Free University of Amsterdam](#)와 함께 진행 중인 활용 사례 연구는 암스테르담의 배출가스 제로 정책의 영향이다. 이 연구의 대상은 배출가스 제로 정책의 조치로 어떤 타깃 그룹이 혜택을 보는지, 그리고 어떤 타깃 그룹이 전기 모빌리티로의 전환을 감당하지 못해 뒤처지는지이다. 이를 통해

우리는 접근 가능성 측면에서 투자의 편익을 거두는 사람이 누구이고 어디인지, 반대로 추가 환경 압력으로 인하여 불리한 결과가 어디에서 발생할지에 대한 통찰을 제공할 수 있다.

TNO는 델프트공대와 함께 도시의 차량 제한 구역을 대상으로 한 지역 디지털 트윈을 개발하는 X카 시티(XCARCITY) 프로젝트를 시작한다. 여기에서 개발한 모델들은 다른 모빌리티 해법들의 효과를 이해하는 데 도움을 줄 것이다. 이들의 지역 디지털 트윈은 알메르와 암스테르담, 로테르담 등 도시의 문제들을 해결하기 위한 다양한 시나리오와 영향 요인을 테스트하는 데 활용될 것이다. 이를 통해 정부 당국과 지역 개발사업자, 운송업자 등이 깨끗하고 접근성 좋은 모빌리티를 의사결정하는 과정을 도울 것이다(IU Delft, 2022). 이 프로젝트를 통해 아울러 차세대 예측 가능한 지역 디지털 트윈을 만드는 데 도움이 될 시뮬레이션 모델 지식과 실행 기술이 개발될 수 있을 것이다.

결론

지역 디지털 트윈, 또는 디지털 시티 트윈은 공간 제약 속에서 모빌리티 및 에너지 전환이라는 과제에 직면한 도시를 돕는 수단으로 점점 더 인기를 끌고 있다. 지역 디지털 트윈의 활용에도 풀어야 할 과제는 있다. 이는 상호운영성 및 실용적인 가치와 관련이 있다. 이 글은 상호작용하고 온전하며 예측 가능한 도시 디지털 트윈을 만드는 데 도시 전략 기술이 어떻게 도움이 되는지 개괄적으로 살펴보았다. 도시 전략의 기술적인 개요는 사일로 간 상호운영성과 관련된 과제를 다룬다. 또 적용 사례들은 지역 디지털 트윈이 개념증명 단계를 넘어 부가하는 가치를 보여준다. 기술적인 솔루션 외에 디지털 트윈이 성공하고 지속되려면 다음과 같은 중요한 요소가 필요하다.

- **도시 운영 부서와 혁신 담당 부서의 협력.** 이 협력은 선출된 리더십에 의해 지원받아야 한다. 협력을 통해 디지털 트윈은, 이 글에서 제시된 암스테르담 사례처럼 일상적으로 활용되면서 도시의 워크플로우 안에서 실행되어야 한다.
- **해당 지역의 이해관계자들과의 협력(삼중 나선).** 이를 통해 디지털 트윈이 지역의 맥락에 맞추어

채택되고 적용될 수 있다. 여기에는 안트베르펜 디지털 트윈이 보여준 것처럼 데이터와 소프트웨어 구성 요소의 상호운영성이 필요하다.

- (지역) 지식 기관(예컨대 대학)과의 연결. 지식 교환과 지역 역량 개발, 지역 생태계와의 연결을 확보하기 위해 필요하다. 사례는 퀴라소와 델리가 보여주었고, 앞으로 X카시티가 보여줄 것이다.

이들 실행 원칙을 내재한 지역 디지털 트윈은 지속가능한 모빌리티와 살기 좋은 도시 건설 지원 과정에서 값진 기여를 보여왔다.

| References |

1. Agarwal, S. and Mani, D. and Telang, R., The Impact of Ride-hailing Services on Congestion: Evidence from Indian Cities, June 24, 2019
2. Balikçi, S., M. Giezen & R. Arundel (2021) The paradox of planning the compact and green city: analyzing land-use change in Amsterdam and Brussels, *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2021.1971069
3. Borst H.C., Sanne I. de Vries, Jamie M.A. Graham, Jef E.F. van Dongen, Ingrid Bakker, Henk M.E. Miedema, Influence of environmental street characteristics on walking route choice of elderly people, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 29, Issue 4, 2009, Pages 477-484
4. Borst, H. C., A. L. Schelling, W. L. A. Lohman, M. Minderhout, E. Salomons, E. Meijer, H. Boot, R. Van Gijlswijk, and R. Klerkx. "Urban strategy: instrument for interactive sustainable planning." In 15th Annual International Sustainable Development Research Conference, Utrecht, The Netherlands. 2009
5. Borst, HC., Digital twins help city space race, ITS International 2022
<https://www.itsinternational.com/feature/digital-twins-help-city-space-race>
6. Borst, H.C., E.M. Salomons, W.J.A. Lohman, H. Zhou, H.M.E. Miedema, Urban Strategy: noise mapping in instrument for interactive spatial planning, 8th European Conference on Noise Control 2009, EURONOISE 2009, 26-28 October 2009, Edinburgh, Scotland, UK
7. Borst, H.C., H.M.E. Miedema, Comparison of noise impact indicators, calculated on the basis of noise maps of DENL, *Acta acustica united with Acustica*, 2005
8. Clercq G.K. de, A. van Binsbergen, B. van Arem, M. Snelder, Estimating the Potential Modal Split of Any Future Mode Using Revealed Preference Data, *Journal of Advanced Transportation*, 2022
9. Errampalli, M., Kayitha, R., Ravi Sekhar Chalumuri, Lorian A Tavasszy, Hieronymus C., Borst, Satish Chandra, Development of urban freight travel demand model, *Proceedings of the 15th World Conference on Transport Research (WCTR)*, 26-31, 2018
10. Etzkowitz, H., Leydesdorff, L., 1999. The future location of research and technology transfer. *Journal of Technology Transfer*, Summer

11. Fraedrich, E., R. Cyganski, I. Wolf, B. Lenz, User perspectives on autonomous driving A Use-Case-Driven Study in Germany. Geographisches Institut, Humboldt-Universität Zu Berlin, 112 (2016)
12. Hofman, W.; Lohman, W. and Schelling, A., A Flexible IT Infrastructure for Integrated Urban Planning. JTAER, 2011
13. imec, <https://www.imec-int.com/en/articles/imec-and-tno-launch-digital-twin-of-the-city-of-antwerp>, 2018
14. Karuri-Sebina, G., Haegeman, K.-H. and Ratanawaraha, A. (2016), "Urban futures: anticipating a world of cities", *Foresight*, Vol. 18 No. 5, pp. 449-453. <https://doi.org/10.1108/FS-07-2016-0037>
15. Ketzler, B., V. Naserentin, F. Latino, C. Zangelidis, L. Thuvander, Anders Logg, Digital twins for cities: A state of the art review, *Built Environ.* 46 (4) (2020) 547–573, <http://dx.doi.org/10.2148/benv.46.4.547>
16. Knapen L., M. Adnan, B. Kochan, T. Bellemans, M, van der Tuin, H. Zhou, M. Snelder, An Activity Based integrated approach to model impacts of parking, hubs and new mobility concepts, *Procedia Computer Science*, Volume 184, 2021, Pages 428-437
17. Levin M.W., S.D. Boyles, Effects of autonomous vehicle ownership on trip, mode, and route choice, *Transportation Research Record*, 2493 (1) (2015), pp. 29-38, 10.3141/2493-04
18. Lei, B., P. Janssen, J. Stoter, F. Biljecki.: "Challenges of urban digital twins: A systematic review and a Delphi expert survey", *Automation in Construction*, Volume 147, 2023,104716, ISSN 0926-5805
19. Miedema, H.M.E., C.G. Groothuis-Oudshoorn, Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals, *Environmental Health Perspectives* 109(4):409-16, 2001
20. Ortúzar, J., Willumsen, L.G., *Modelling Transport*, Fourth Edition, 2011 John Wiley & Sons, Ltd
21. Pereirinha, P.G., M. Gonzálezd, I. Carrilerod, D. Anseánd, J. Alonsod, J.C. Vierad, Main Trends and Challenges in Road Transportation Electrification, *Transportation Research Procedia* 33 (2018) 235–242
22. Raes, L., S. McAleer, P. Kogut, Local Digital Twins: Optimising Data, Shaping Policies, Transforming Lives, Policy brief 2022
23. Razin E., How driverless cars could disrupt the real estate industry, *Forbes* (2018)
<https://www.forbes.com/sites/elyrazin/2018/03/11/how-driverless-cars-could-disrupt-the-real-estate-industry/>

24. RIVM, Technische beschrijving van standaardrekenmethode 1 (SRM-1), RIVM Briefrapport 2014-0127 and Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM-2) voor luchtkwaliteitsberekeningen RIVM Briefrapport 2014-0109 [in Dutch]
25. Snelder, M., Homem de Almeida Correia G, van Arem, B., Automated driving on the path to Enlightenment? Innovations in Transport, Chapter 10, 221-241, Edward Elgar Publishing, 2022
26. TU Delft: <https://www.tudelft.nl/en/2022/citg/nwo-grant-for-research-into-sustainable-accessible-cities-without-private-cars>, 2022
27. Tuin, van der, M.S., Spruijtenburg, S.D., Zhou, H., Vehicle dispatching in macroscopic transport models: modelling Demand Responsive Transit, Transportation Research Procedia, Transport Research Arena (TRA) Conference, 2022
28. Uhlig, B., Schenk, M., Reiter, U., VDA Initiative Luftreinhaltung in Städten – Kiel, PTV AG und PTV Transport Consult GmbH, 2018
29. Vonk Noordegraaf, D., I. Wilmink, G. Bouma, Indicatoren voor brede welvaart in het mobiliteitsdomein – een vertrekpunt voor discussie gebaseerd op een quickscan, TNO 2021 R12422 [in Dutch]
30. Vonk Noordegraaf, D., Bouma, G., Larco, N., Münzel, K. and Heezen, M. (2020), Policy options to steer Mobility as a Service: international case studies. TNO report, TNO 2020 R11707, Research for the Ministry of Infrastructure and Water Management, The Hague
31. Walraven, E., A. Adhikari, C.J. Veenman, PERFEX: Classifier Performance Explanations for Trustworthy AI Systems, arXiv preprint arXiv:2212.06045, 2022
32. Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
33. Zhou, H. Dorsman, J.L., Snelder, M., de Romph, E., Mandjes, M., GPU-based Parallel Computing for Activity-based Travel Demand Models, *Procedia Computer Science*, 10th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, ANT 2019 and The 2nd International Conference on Emerging Data and Industry 4.0, EDI40 2019, Affiliated Workshops, 29 April 2019 through 2 May 2019, 726-732

Open Source and Open Standards for Urban Competitiveness

도시 경쟁력을 위한
오픈소스와 오픈 스탠더드

울리히 알러

Ulrich Ahle



울리히 알러Ulrich Ahle는 독일의 지멘스, 아토스 부사장 등으로 재직하면서 고객사 사업의 디지털화를 돕는 업무에서 풍부한 경험을 쌓았다. 아토스에서는 제조업·산업 4.0 시스템 통합 사업을 이끌었다. 독일에 본부를 둔 국제 데이터 공간 협회 *International Data Spaces Association*를 창립하였고, 현재 이사회 멤버로 활동하고 있다. 독일 가이아-XGAIA-X 허브 중 스마트 시티/스마트 지역 도메인의 회장들 중 한 명이다. 가이아-X는 2020년에 시작되었고, 여러 플랫폼을 연결하여 ‘플랫폼들의 플랫폼’을 만드는 목표를 추진하고 있다고 본다. 가이아-X에는 유럽 연합EU의 모든 회원국이 참여한다. 다만 EU 집행부가 직접 가이아-X를 추진하지는 않는다. 알러는 현재 베를린에 있는 파이웨어 재단*FIWARE Foundation*의 CEO이다. 파이웨어는 오픈소스 기술이자 스마트 솔루션 플랫폼이다. 그는 2017년 이 자리에 선임되었다.

ulrich.ahle@fiware.org

● 초록 ●

스마트시티 개념의 실현은 급박하고 복합적인 요구에 의해 추진되고 있다. 도시를 스마트하게 만든다는 말은 서비스 운영을 더 효율적이고 포괄적으로 실행함을 뜻하며, 도시를 혁신과 경제 성장, 웰빙을 가능하게 하는 정보통신기술(ICT) 조력자로 변신시킴을 의미한다. ‘스마트함’과 밀접한 활동은 또한 데이터를 목적에 따라 이용하기에 적합한 기술의 활용, 더 나은 의사결정의 지원, 과정 자동화이다. 이들 활동의 궁극적인 목적은 시민들의 일상적인 삶을 개선하고 사업 운영을 쉽게 해주며 삶과 사업의 기회를 성장시키는 것이다. 이들 목적을 달성하기 위해 도시들은 공통적인 스탠더드 인터페이스와 정보 모델을 채택하고 자기네 오픈 데이터 정책을 전개할 수 있고, 그럼으로써 노력과 비용을 최소화하고 효과는 최대화할 수 있다. 왜냐하면 개방형 솔루션은 상호운영과 이동이 가능하여 각 도시의 수요에 따라 채택되고 복제될 수 있기 때문이다. 이처럼 다른 도시들과 팀을 이루면서 서로 연결하고 협력하고 함께 창조하고, 함께 투자하는 강력한 생태계의 일원이 될 수 있다. 이런 방식의 제휴는 궁극적으로 지속가능한 단일 디지털 시장의 창출에서 발생하는 추가 가치를 창출할 수 있다. 개방적이고 전향적인 사고방식을 채택하는 도시들은 이미 투자계획에서 더 신속하며 시행착오가 적고 효율은 뛰어난 모습을 보여주었다. 시민 만족도가 더 높음은 물론이다. 도시들은 점점 더 파이웨어의 채택을 늘리고 있는데, 이는 데이터 기술의 힘을 도시 간 협력과 결합하기 위해서이다. 파이웨어는 디지털화 시장을 선도하며 세계 전역에 걸쳐 활용되는 오픈소스 기술로서 사실상 스마트시티의 표준이 되었다. 파이웨어는 도시의 의사결정권자와 시스템 통합 책임자들로 하여금 더 강한 상호운영성과 더 빠른 시장 접근, 투자의 보안과 복제 가능성(이동 가능성)을 위해 표준을 제정하도록 한다. 한 도시나 지역만 활용하는 독립형(사일로) 솔루션을 피하면 혁신과 베스트 프랙티스, 비용 문제 인식에서 뒤처지지 않을 수 있다. 파이웨어는 구성원과 파트너, i하브iHub, 전도시들, 학계로 이루어진 생태계와 함께 도시 간, 국가 간의 협력과 공동 창조를 위해 조력자로 활동하고 있다.

키워드

스마트시티, 오픈소스, 파이웨어, 오픈 스탠더드, 데이터 공간

● ABSTRACT ●

Smart City realizations are driven by urgent and complex needs. Making a city “smart” means performing a more efficient and inclusive management of services and turning the city into an ICT enabler for innovation, economic growth and well-being. “Smartness” is also about using the right technology to exploit data purposefully, enabling better decisions and automating processes, to ultimately improve the daily life of citizens, ease business operations, and grow life and business opportunities. By adopting common standard interfaces and information models, and evolving their open data policies, cities can follow the steps of a digital transformation journey to achieve these objectives, minimizing efforts and costs, while maximizing impact. Teaming up with other cities and becoming part of powerful ecosystems in which they can connect, collaborate, co-create and co-invest. Ultimately, joining forces in such a way, can unlock additional values coming from the creation of a sustainable single digital market of interoperable and portable solutions that can be adapted and replicated according to the needs of each city. Cities adopting this open and forward-looking mindset have already proven to be quicker, less trial-and-error-driven and more efficient in their investment plans, as well as in the creation of higher citizens’ satisfaction. Cities are increasingly adopting FIWARE to combine the power of data technology with inter-cities’ collaborations. FIWARE, as a world-wide leading Open Source technology in the digitization market, has become the de-facto standard for Smart Cities, and as such, helps cities’ decision makers and system integrators alike to incorporate standards for stronger interoperability, faster time-to-market, security of investment and replicability (portability). Avoiding island (or silo) solutions of just one single city or territory, prevents cities from losing out in innovation, best-practices and cost awareness. Together with its ecosystems of members, partners, iHubs, evangelists and academia, FIWARE also acts as an enabling force for inter-city and inter-country collaboration and co-creation.

KEYWORDS

Smart city, Open Source, FIWARE, Open standards, Data spaces

시작하며

스마트시티는 하나로 정의되지 않는다. 각 도시에는 저마다의 복합적인 생태계가 내재되어 있기 때문이다. 사실 도시들이 오늘날 처한 과제들은 공통적으로 보일 수 있지만 각 도시는 저마다의 다른 사회경제적 우선순위와 환경이나 역사적 제약을 고려하여 대응해야 하고, 이런 요인들의 영향이 도시를 지배하는 정당들에 다른 영향을 줄 것이다.

변화가 일어나도록 하라는 정치적 압박이 도시 행정부의 스트레스를 키워 왔고, 그에 따라 새로운 기술을 실행함으로써 공공 서비스를 개선하는 시도가 강해져 왔다.

효과적인 변화를 창출하라는 글로벌 과제들이 도시들에 던져졌다. 기후변화와 대기 오염, 도시 교통과 관련하여 발생하는 소음 관련 스트레스, 코로나19 팬데믹과 그로 인한 제약 같은 과제들은 가장 많이 논의되는 ‘변화의 이유들’ 중 일부이다. 사회적 관점에서 환경이 점점 더 복합적으로 변하는 가운데 지방 정부와 정당이 알맞은 가격의 주택과 양질의 교육, 사회적 포용, 공공안전, 경제 안정과 성장을 가능하게 하는 정책을 실행하기란 매우 어렵다.

스마트시티를 다룬 보고서의 대다수에서 도시 거주자 수가 2030년이 되면 기하급수적으로 증가하리라고 예상되었지만, 실은 세계 대부분 지역에서 농촌으로부터 도시로 이주해 오는 시민의 숫자가 수년 전부터 두 자릿수 증가율을 보여왔다.

진정한 문제는 늘어난 도시민이 기존 기반시설을 더 많이 이용한다는 것이다. 수십 년간 활용된 기반 시설은 그런 급증한 수요에 맞추어 설계되지 않았고 적합하지도 않다. 또 도시 경제를 활성화하기 위한 건설 투자는 더 많은 사람의 작업장 출퇴근과 더 많은 에너지 소비, 더 많은 서비스를 수반하고, 결국 도시의 기반시설과 서비스와 전력·가스 시스템에 대한 수요를 증가시킨다.

이들 사회적인 요인이 도시 공간과 그 운영 방식을 다시 생각하도록 하면서 ‘스마트시티’에 대한 기존의

정의 대부분에는 공통점이 하나 있는데, 변화를 가능하게 하는 변수로 ‘데이터’를 강조하고 있다는 것이다. 물론 방대한 데이터를 유의미한 정보로 처리함으로써 지방 정치인들은 정책 수립과 적절한 조치를 취하는 데 필요한 수단을 얻을 수 있다. 정보의 양과 질, 관련성이 지방 정부의 공공서비스 디지털 전환 촉진에 있어서 핵심 자산이 된 것도 사실이다.

하지만 바로 이 지점에서 일이 잘못되기 십상이다. 기술은 그 자체로 해답이 아니고, 최근 사례들이 이를 보여준다. 즉 기술을 조기에 채택한 사람들이 기술에만 전적으로 초점을 맞추었다가 목표로 잡은 변화의 수준이나 범위를 달성하는 데 실패한 사례들이 일부 있었다. 기술은 그 자체로 더 높은 효율 창출을 도울 수 있지만 스마트시티는 더 높은 효율만으로는 충분하지 않다. 스마트시티는 효과적이고 유의미한 변화를, 모든 이해관계자가 체감할 혜택을 주는 가운데 만들어가야 한다. 또한 도시의 주요 주체들이 직면하는 과제를 해결할 수 있어야 한다.

이런 상황에 대응하여 도시들은 대부분, 규모와 관계없이 새로운 디지털 서비스와 기술을 ‘작게’ 시작하여 그 실질적인 영향을 철저하게 시험하고 평가하기로 결정하였다. 추가적인 관련 추세는 세계 전역의 도시들이 그런 단계적인 접근의 결과와 성공담을 공유하고 있다는 것이다. 이런 흐름의 목적은 가장 유망한 기술이 무엇인지 파악하도록 서로 돕는 데 있다. 아울러 기술 제공자로 하여금 해당 기술을 발전시키도록 하는 데에도 있다. 그럼으로써 필요한 서비스가 효과적이라고 드러난 경우, 도시 전체에 적용될 수 있게끔 확장될 수 있다. 기술의 이해, 맞춤과 확장 외에 도시들이 공공서비스의 디지털 전환이라는 변화에 동반하여 착수해야 할 복합적인 과정이 있다. 신기술이 도입되었을 때 관련 인력이 기존 시민들 및 시민들의 자산과 상호작용하는 방식에 주는 영향은 종종 파괴적이고 재훈련을 요구한다. 재훈련은 새로운 기술과 디지털 서비스를 끌어안음으로써 편익을 극대화하는 데 있어서 반드시 필요하다.

스마트시티들은 시민을 관심의 중심에 둬으로써 효과적인 변화를 만든다. 만약 시민들이 자기네 의사결정의 영향에 대해 더 충실하게 정보를 제공받는다면 변화는 분명히 일어날 것이다.

사실 우리의 새로운 디지털 생활은 점점 더 상황 정보, 이를테면 무슨 일이 언제 어디에서 왜 발생하고 있는지 중심으로 돌아갈 것이다. 이런 정보를 디지털 트윈에서 운영함으로써 우리는 도시나 지역에 거주하는 사람들의 삶의 질을 향상시킬 수 있다. 동시에 도시를 운영하는 비용을 절감할 수 있다.

하지만 문제는 데이터와 상황 정보가 종종 단독 사일로 안에 놓인 것처럼 조직되고 그래서 다른 스마트 솔루션에 활용할 기회가 차단된다는 것이다. API(Application Programming Interface)와 데이터 모델을 위한 오픈 스탠더드는 그런 장벽을 제거할 수 있다. 오픈소스와 함께, 그런 접근은 ‘판매자 잠금 효과’를 줄이고 최종 이용자에게 소유 비용을 최저로 제공할 수 있는 잠재력을 지닌다. 이들 모두는 신뢰 환경을 토대로 운영되어야 한다.

스마트시티: 전환의 여정

진화하는 비즈니스 모델은, 대대적인 사물인터넷IoT 패러다임의 도입 및 물리적인 환경과의 긴밀한 통합과 함께 도시 서비스의 범위와 구조를 점진적으로 변모시키고 있다. 시장의 요구에 부응하여 여러 영역에 걸친 복합적인 비즈니스 사슬이 창출되고 있고, 이에 따라 서비스 배치와 운영이 더욱 기민해지고 있다. 하지만 시장의 요구는 동시에 보안 및 개인정보보호 문제와 도시 내 새로운 과제를 빚어내고 있는데, 보안 등 문제는 아직 만족스러운 방식으로 다루어지지 않았다.

우리는 **디지털 전환**과 함께 도시는 생태계로서 IoT와 인간을 대체로 인간이 만든 환경적 맥락 속에서 포함한다는 사실을 이해해야 한다. 생태계는 창발적인 기술적 속성을 갖고, 그 속성은 단지 도시의 여러 기능적인 부분을 바라봄으로써 파악하지 못한다는 사실도 알아야 한다. 요컨대 전체는 부분의 합보다 크다. 도시 간 지속적인 협력 속에서 오늘날 오픈소스와 표준 데이터 모델은 새로운 서비스 모델 형성을 촉진하는 데 주요 역할을 수행한다. 그리고 새로운 서비스 모델은 핵심 서비스 플랫폼을 활용하는 덕분에 점점 더 지지를 받고 있다. 유연성과 기민성, 비용 효율 등 시장의 요구에 따라 도시와

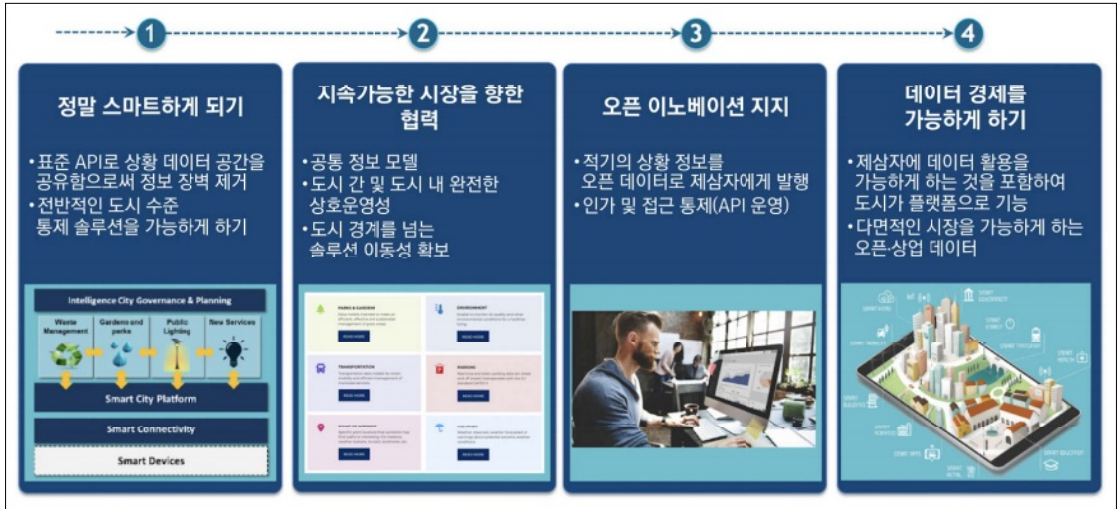


그림 1. 디지털 전환의 여정 (출처: 파이웨어)

인간 시스템을 위한 다영역의 복합적인 비즈니스 사슬이 창출되고 있다. 도시는 또한 스스로의 스마트 시티 접근을 점점 더 개발하여 저마다 처한 상황에 적용할 방법을 찾고 있다. 접근 중 일부는 실용적이고, 일부는 개념적이다. 오늘날 공통적인 관행을 반영한 기본 시스템은 각 도시나 지역에 대해 정의되어 있다. 각 도시는 또한 자체의 특별한 초점을 보유하고 있는데, 이는 공통 정보와 데이터 모델 덕분에 가능하다.

다른 주체의 기기와 소프트웨어가 하나의 사업 관계 속에 구성될 경우, 전반적이고 종단 간(end-to-end) 서비스의 믿음과 신뢰는 각 영역의 운영이 얼마나 안전하고 의존할 수 있는지에 전적으로 달려 있다.

파이웨어와 디지털 트윈

파이웨어를 만든 궁극적인 목적은 세 가지로, 첫째는 **오픈 지속가능한 생태계**를 만드는 것이다. 이 생태계는 공공의, 로열티 없고 실행 기반의 소프트웨어 플랫폼 표준 속에 조성된다. 둘째, **스마트 솔루션 개발을 쉽게 바꾸는** 것이다. 셋째는 **조직이 스마트하게 이행하는 활동을 지원**하는 일이다. 기술적인 관점에서 파이웨어는 오픈소스 소프트웨어 구성 요소로 이루어져 있고, 구성 요소들은 다른 제3자

플랫폼 구성 요소들과 함께 결합·조립되어 플랫폼으로 만들어질 수 있다. 그럼으로써 도시, 에너지, 모빌리티, 전력·가스 시스템 등 다수의 영역에서 스마트 솔루션과 스마트 조직을 개발하는 작업을 더 용이하게 한다. 2016년 말 파이웨어 재단을 발족한 이래 활기찬 파이웨어 공동체가 전 세계적으로 형성되어 왔다. 550여 개 이상의 대기업, 중소기업, 기술센터, 대학과 같은 회원과 수백 명의 개인 회원이 가입되어 있다. 이와 나란히 파이웨어를 채택하는 조직의 수도 끊임없이 증가해 왔다. 파이웨어로 구동되는 소프트웨어 아키텍처는 실제 세계의 디지털 트윈 데이터 표현의 관리와 관련이 있다. 디지털 트윈의 데이터는 많은 다양한 출처, 예를 들면 센서와 카메라, 정보 시스템, 소셜 네트워크, 최종 이용자의 모바일 기기 등으로부터 수집된다. 디지털 트윈의 데이터는 끊임없이 유지되고 거의 실시간으로 활용 가능하다(실시간 대신 '적기에 **right-time**'라는 용어도 종종 활용되는데, 데이터가 수집된 시점과 활용 가능한 시점 사이의 간격이 적절한 대응을 하기에 충분히 짧음을 의미한다). 애플리케이션은 특정한 임무를 자동으로 수행하거나 최종 이용자의 현명한 의사결정을 뒷받침하기 위해 계속해서 데이터(현재 값뿐 아니라 과거 값을 포함)를 처리한다. 디지털 트윈의 집합은 맥락 **context**으로, 디지털 트윈과 관련된 데이터는 맥락 정보 **context information**로 불린다.

효과적인 데이터 통합을 지원하려면 두 가지 핵심 요소가 표준화되어야 한다. 하나는 디지털 트윈 데이터에 접근하는 API이고, 다른 하나는 고려되는 디지털 트윈의 유형과 관련된 속성과 의미를 설명하는 데이터 모델이다. 파이웨어 공동체는 이 두 요소의 표준화에 주력해 왔고 주력하고 있다.

- NGSI API는 맥락/디지털 트윈 데이터에 접근하는 데 간단하면서도 강력한 RESTful API를 제공한다. NGSI API의 사양은 개발자와 실행 경험으로부터의 피드백을 통해 진화되어 왔다. 최초의 성숙한 버전은 NGSIv2 API였는데, 이는 파이웨어 공동체 멤버들에 의해 정의되었고 현재 다양한 분야에서 가동되는 많은 시스템을 통해 활용되고 있다. API의 진화는 ETSI ISG CIM(맥락 정보 관리 산업 사양 그룹) 내에서 이루어졌다. 이 그룹에서 파이웨어 공동체의 멤버들과 파이웨어 재단은 NGSI-LD API로 알려진 API의 진화된 버전을 정의하였다. 그 사양은 ETSI에 의해 2019년에 처음 공개되었고, 이후 계속해서 진화되고 있다. NGSI-LD API는 데이터 통합 API로 활용되고 있으며 파이웨어에 의해 구동되는 아키텍처의 핵심 구성 요소로서, 이른바 맥락 중개자

Context Broker 구성 요소로서 실행되고 있다. 맥락 중개자의 다른 대안 오픈소스는 파이웨어 공동체 안에서 오리온-LD Orion-LD와 스킵오Scorpio, 스텔리오Stellio 등이 있다.

- 파이웨어 재단이 출범시킨 스마트 데이터 모델(웹사이트, 깃허브)은 JSON/JSON-LD 포맷에서 기술된 데이터 모델의 라이브러리를 제공하는데, 이 포맷은 각각 NGSIv2/NGSI-LD API와 함께 활용될 수 있고 디지털 트윈 데이터에 접근하는 다른 RESTful 인터페이스를 정의하는 데에도 유용할 것이다. 파이웨어의 스마트 데이터 모델 아래 발행된 데이터 모델은 schema.org와 함께 활용될 수 있고, 다른 기존의 사실상 영역별 표준(존재한다면)에 맞추어질 수 있다. 스마트 데이터 모델은 개발자들이 처한 주요 이슈 중 하나, 즉 주어진 데이터 모델 사양 하나는 많은 다양한 방식으로 JSON/JSON-LD에 대응될 수 있고 모두 유효하다는 사실을 해결한다. 파이웨어의 스마트 데이터 모델 덕분에 개발자들은 구체적인 JSON/JSON-LD에 의존할 수 있고, 이는 이 라이브러리에 있는 NGSIv2/NGSI-LD API와 함께 활용될 수 있다. 다른 대응으로부터 발생할 수 있는 상호운용성 문제를 피할 수 있는 것이다. 개발 이후 스마트 데이터 모델은 500개 이상 발행되었고, 데이터 모델 기술description에 기여하는 조직의 수는 계속 증가하고 있다. 유관 조직인 TM포럼과 OASC, IUDX가 파이웨어 재단과 손잡고 스마트 데이터 모델의 오픈 지배구조 모델을 최상의 오픈소스 관행에 따라 지원하고 있다.

파이웨어에 의해 구동되는 스마트시티

파이웨어는 도시는 물론이고 농촌도 디지털로 이행하여 스마트한 조직으로 변화하도록 도울 수 있다. 그 방법은 시스템 접근에 따라 조직 내 다양한 시스템을 통합하는 작업을 뒷받침하는 것이다. 그림 2는 파이웨어에 의해 구동되는 스마트시티의 레퍼런스 아키텍처를 보여준다.

맥락 중개자 요소는 아키텍처의 핵심으로 실제 세계의 사물과 개념, 도시 상황(거리, 쓰레기통, 청소차, 버스, 전기충전소, 건물, 사건, 민원 등)에 대한 디지털 트윈 재현을 담고 있다. 도시에 배치된 각 영역의

스마트 솔루션(예: 대기 상태 모니터링, 스마트 교통 관리, 스마트 주차, 스마트 쓰레기 관리 등)은 맥락 중개자로 연결되고, 그럼으로써 여러 영역의 정보가 전체 도시의 전체적인 맥락 속에서 디지털 트윈 재현으로 조합되고 정보 사일로가 제거된다. 이들 각 영역의 스마트 솔루션 중 일부(예: 교통 통제와 쓰레기 관리 시스템)는 파이웨어에 의해 구동될 수 있는데, 그 경우 각 솔루션의 글로벌 도시 수준의 맥락 중개자 사이의 인터페이스는 수정될 필요가 없다. 파이웨어에 의해 구동되지 않는 솔루션도 있겠지만, 별로 문제 되지 않는다. 왜냐하면 어떤 API도 NGSI-LD로 변환하는 NGSI 시스템 어댑터를 만드는 일은 어렵지 않기 때문이다. 마지막으로 덜 중요하지 않은 요소는 도시 곳곳에 설치되어 값진 데이터를 발생시키는 센서와 카메라이다. 도시에 대한 완벽한 맥락/디지털 트윈 재현을 활용하는 과정에서 스마트시티 지배구조 시스템(또는 도시 운영 센터)이 개발될 수 있다. 실시간 빅데이터 처리 도구를 활용하면 다양한 출처로부터 나오는 데이터를 처리하여 의사결정을 지원하는 더 값진 통찰을 추출할 수 있다. 비슷하게, 모니터링 도구는 도시에 대한 전체적인 맥락/디지털 트윈 재현을 강화할 수 있다. 그림을 완성하는 요소로서 디지털 트윈의 데이터 처리를 추적하는 수단을 제공하는 것이 있다. 이는 데이터 출처부터 특정 처리에 대한 로깅 인식까지 몇몇 중요한 기능의 바탕이 된다. 파이웨어는 투명성과 증명에 엄격한 조직에는 처리 로그를 다른 분산원장/블록체인에 기록하는 요소인 카니스 메이저 [Canis Major](#)를 제공한다.

인도 사례

이 활용 사례는 세계 전역에 적용될 수 있는 시사점을 다수 포함하고 있다. 인도의 나렌드라 모디 [Narendra Modi](#) 총리는 2014년 처음 당선되고 얼마 지나지 않아 ‘100스마트시티 프로그램’을 시작하였다. 이 프로그램에는 130억 달러가 투입되었다. 대형 글로벌 컨설팅 회사 몇몇이 인도 도시들을 도와 스마트시티 전략을 수립하도록 안내하였다. 컨설팅 회사들은 첫 입찰자들을 시장에 끌어들였고, 첫 플랫폼과 프로젝트가 실행되는 과정을 지켜보았다. 2019년이 되자 담당 부처인 주택도시개발부 [Ministry for Housing and Urban Affairs](#)는 각 도시가 저마다의 사일로를 구축하였고 도시 간 시너지가 제한적임을 알게 되었다. 공공 자금을 사용하여 여러 차례 플랫폼이 만들어진 것도 파악되었다. 이에 대응하여

전략을 수정하였고 인도도시데이터교환India Urban Data Exchange, IUDX 플랫폼이 만들어졌다. 파이웨어 재단은 여러 파트너들, 인도의 트리진Tigyn, 일본의 NEC, 스페인의 HOPU, 인도의 방갈로르 과학 연구소India Institute of Science in Bangalore와 함께 이 플랫폼을 초기 단계부터 지원하였다. 개발된 표준 레퍼런스 아키텍처는 NGS-LD와 파이웨어 표준 데이터 모델이라 불리는 파이웨어 생태계 속에서 만들어진 표준 인터페이스를 포함하고 있다. 결국 인도의 스마트시티 플랫폼은 파이웨어를 비롯한 참여자의 오픈소스 소프트웨어 구성 블록을 활용하여 개발되었다. 이 플랫폼은 처음으로 인도의 30개 도시에서 실행되었고, 현재 오픈소스로서 제공된다. 이 플랫폼에는 두 가지 장점이 있다. 첫째, 클라우드 기반 서비스의 저비용과 유연함으로부터 실익을 얻을 기회이다. 둘째는 오픈소스와 오픈 스탠더드 솔루션을 통해 판매자의 잠금에 덜 얽매이게 되어 소유 비용이 줄어들고 도시 간(인도에만 국한하지 않는) 솔루션 복제 가능성이 커진다.

파이웨어에 의해 구동되는 데이터 공간

도시와 지역의 경쟁력을 더욱 키우려면 지역 데이터에만 의존해서는 안 되고 국가, 나아가 글로벌 데이터를 활용해야 한다. 데이터 공간이 이 접근을 가능하게 한다. 데이터 공간이란 공통적으로 합의된 구성 블록에 조성된 분산형 데이터 생태계를 의미하고 참여자들 사이에서 효과적이고 신뢰할 수 있는 참여자 간 데이터 공유를 가능하게 한다. 기술적인 관점에서 구성 블록은 다음과 같은 기술적인 요건을 충족해야 한다.

- **데이터 상호운용성.** 데이터 공간은 참여자 간 효율적인 데이터 교환을 가능하게 하는 탄탄한 틀을 제공해야 한다. 그럼으로써 데이터 제공자와 소비자의 분리를 완벽하게 지원해야 한다. 그러려면 모든 참여자가 활용하는 ‘공통어common lingua’가 채택되어야 하고, 이는 데이터 교환을 위한 공통 API와 공통 데이터 모델의 정의로 구현된다. 아울러 데이터 교환과 데이터 출처를 추적할 수 있는 공통 메커니즘도 필요하다.



그림 3. 데이터 공간의 구성 블록 (출처: 파이웨어)

- **데이터 주권과 신뢰.** 데이터 공간은 참여자들에게 서로 신뢰하고 공유하는 데이터에 대한 주권을 유지하도록 보장해야 한다. 이를 위해서는 참여자의 신원을 다루는 공통 표준의 채택과 신뢰성 인증, 데이터 접근·활용 제어에 대해 합의된 방침의 실행이 필요하다.
- **데이터 가치 창출.** 데이터 공간은 참여자들이 데이터 공유로부터 가치를 창출하는(즉 데이터 가치 사슬을 창출하는) 다면적인 시장을 창조하도록 지원해야 한다. 이를 위해 데이터 제공과 관련된 조건과 상황(가격 포함)을 정의하고, 그런 제안을 발행하고 발견하는 공통 메커니즘을 채택해야 한다. 또 한 참여자가 데이터 접근·활용에 대한 권한을 취득하였을 때 관련 계약의 생애주기를 뒷받침하는 데 필요한 모든 단계별 조치를 가능하게 하는 공통 메커니즘도 채택해야 한다.

데이터 공간은 공통적인 기술 기반 외에 지배구조, 즉 참여자 간 사업과 운영과 조직에 대한 합의의 채택을 요구한다. 예를 들어 사업에 대한 합의는 참여자 간 데이터 공유를 규율하는 조건과 상황을 특정한다. 또 데이터 공간을 통해 체결된 계약을 뒷받침하는 법적인 틀을 정한다. 운영에 대한 합의는 데이터 공간을 운영할 때 강제되어야 하는 방침을 규율한다. 운영 합의는 또한 클라우드 기반시설이나 데이터 공간을 지원하는 글로벌 서비스 운영자가 실행해야 하는 도구를 정의해야 한다. 그 도구는 특정 과정 감사와 사이버 보안 관행 채택을 가능하게 한다. 마지막으로 조직에 대한 합의는 앞의 두 합의 못지않게 중요한데, 지배구조 기구를 설치한다(국제도메인관리기구 [Internet Corporation for Assigned](#)

Names and Numbers, ICANN와 인터넷의 관계와 비슷하다). 조직 합의는 데이터 공간의 기술적 구성 블록을 실행하는 제품과 사업 합의, 운영 합의가 따라야 하는 구체적인 사양을 정한다.

데이터 공간을 창조하는 데 필요한 구성 블록의 전체 분류체계는 그림 3과 같다. 주어진 데이터 공간 내에서의 데이터 공유는 도메인 한 곳으로 국한하면 안 된다. 그 경우 새로운 혁신적인 서비스의 창조가 심각하게 제약되는데, 개인과 조직은 대개 여러 영역에서 동시에 활동하고 특정 영역(예를 들어 도시의 교통 관리)을 운영하는 조직에서 나온 데이터가 관련된 다른 영역(예를 들어 물류)에서 공유될 때 많은 기회가 활발하게 생겨나기 때문이다. 따라서 데이터 공간을 위한 기술적 구성 블록은 영역에 얽매이지 않아야 한다. 한편 데이터 공간은 오픈 스탠더드를 기반으로 삼아야 한다. 그래야 어떤 특정한 제공자에게도 묶이지 않은 가운데 다수의 기반시설과 글로벌 서비스 제공자가 등장하여 데이터 공간을 지원할 수 있다. 이렇게 볼 때 리빙랩과 파일럿 프로젝트에서 작동하는 일은 상대적으로 쉬운 반면, 성공적인 데이터 공간의 정의에 있어서 주요 과제는 어떤 구체적인 표준과 설계 원칙을 채택하는가 하는 의사결정이다. 모든 참여자가 표준과 설계 원칙을 수용해야 하기 때문이다. 이제 데이터 공간 창조에 필요한 다양한 기술적 구성 블록을 실현하도록 하는 파이웨어의 다양한 요소를 살펴보자.

데이터 공간을 통한 데이터 경제의 실행자로서 도시

기술 발달이 공급 사슬을 복잡적으로 짜여진 생태계로 변환시키면서 새로운 데이터 경제가 등장하고 있다. 이런 데이터 경제에서 도시는 데이터 생산자로서뿐 아니라 제3자가 운영하는 데이터 시장에서 데이터를 게시할 수 있는 수단을 제공하는 주체로서 갈수록 중요한 역할을 요청받고 있다. 실시간에 가까운 맥락화된(상황별) 데이터가 필요한 최종 사용자와 비즈니스를 위한 플랫폼이 점점 더 늘어나고 있다. 파이웨어의 핵심 역량을 바탕으로 도시는 요청되는 맥락 데이터, 즉 다수의 (새로운) 출처에서 발생하는 정보의 조각들을 결합한 데이터를 발행하는 플랫폼이 되고 있다. 데이터 가용성과 새로운 데이터 기반 통찰이 증가하면서 도시와 기업에서 더 많은 데이터가 교환될 수 있다. 이에 따라 가치 창출을 위한

데이터 활용을 기반으로 한 새로운 데이터 경제가 등장할 것이다. 데이터 경제에서는 적절한 정보를 소유한 자만 의사결정을 주도할 힘을 지닐 것이다. 파이웨어의 영역에 국한되지 않는 공통 API와 데이터 교환을 위한 보안 장치, 스마트 데이터 모델 덕분에 여러 영역의 이용자들은 다른 영역의 관련된 데이터를 효과적으로 공유하고 활용할 수 있다. 이용자들은 또한 가격 책정과 데이터 활용 통제를 포함하여 구체적인 조건과 상황 속에서 데이터를 공유할 수 있다. 이를 통해 혁신적인 서비스와 비즈니스 모델이 생겨날 것이다. 파이웨어는 데이터 공간을 창조하는 데 필요한 기술적인 구성 요소를 모두 제공한다. 파이웨어는 다음과 같은 역할을 통해 도시에 새로운 경제적 기회를 가져온다. 우선 솔루션 제공자와 시스템 통합자들이 소비자와 생산자를 연결하는 플랫폼 모델을 창조하게 한다. 또 맥락 데이터를 연합하여 발행할 수 있게끔 한다. 아울러 앱 개발자들이 도시와 제3자의 데이터를, 데이터 주권을 유지하는 가운데 찾고 이용하도록 한다. 소비자와 생산자가 이처럼 맥락 또는 디지털 트윈 데이터를 사고팔 수 있도록 함으로써 새로운 지역 데이터 경제의 기초를 형성하도록 하는 것은 이용자 권한 취득 과정과 수익 공유 API이다. 데이터를 통한 가치 창출은 참여자들이 데이터 공유를 통해 가치를 창출할 수 있는 다양한 시장을 만들어갈 때 협력할 수 있도록 한다(예: 데이터 공급망 생태계 창출 등). 데이터 공간은 공통적으로 합의된 구성 블록으로 만들어졌고, 참여자들이 신뢰하는 가운데 효과적으로 데이터를 공유하도록 하는 분산 데이터 생태계로 정의될 수 있다. 데이터 공간의 창조는 데이터 경제의 발달을 추동하고 도시 경쟁력을 제고할 것이다. 파이웨어로 구동되는 데이터 공간으로 연결된 도시들은 제3자가 제공하는 데이터 서비스로부터 혜택을 받을 수 있고, 동시에 혁신적인 서비스 개발을 촉진할 데이터 서비스를 제공할 수 있다.

파이웨어 재단에 대하여

파이웨어 재단은 오픈소스 소프트웨어의 구성 요소가 되는 블록과 함께 우리의 스마트 디지털 미래를 위한 표준을 제공하는 글로벌 오픈소스 공동체를 운영하고 있다. 가입한 멤버는 전 세계에 걸쳐 있고 그 수는 550이 넘는다. 본부는 독일 베를린에 있다. 파이웨어는 에너지나 농업처럼 다른 영역에서 채택되고, 현재 스마트시티 실행에 있어 세계를 선도하는 오픈소스 기술로서 30개국 300여 도시에서



그림 4. 파이웨어의 3년 비전 (출처: 파이웨어)

활용되고 있다.

파이웨어는 EU 집행위원회와 많은 민간 기업 및 연구 조직이 참여한 공공 민간 제휴를 통해 탄생하였다. 그림 4는 파이웨어의 역사와 미래 비전을 보여준다.

결론

오픈소스와 오픈 스탠더드는 도시 경쟁력을 위해 스마트 솔루션을 구축하는 작업의 기초이다. 파이웨어는 이 접근을 가능하게 하는 핵심 측면, 즉 우리 주위에서 어떤 일이 일어나는지 묘사하는 데이터를 운영하는 데 활용되는 인터페이스와 공통 데이터 모델의 정의를 가져온다. 따라서 오픈소스와 오픈 스탠더드를 바탕으로 한 솔루션은 여러 플랫폼에서 상호운영과 이동이 전적으로 가능할 것이다. 파이웨어의 오픈소스 특성은 그런 솔루션의 이용자들이 어떤 특정한 판매자에게 묶여 있지 않도록

보장한다. 아울러 파이웨어 생태계는 세계적으로 수용되고 조정되는 표준을 창조하는 역량을 보여주었다. 실제로 미국과 아프리카, 인도, 아시아의 솔루션 제공자와 최종 이용자들 사이에서 파이웨어 표준과 기술을 기초로 한 스마트 솔루션이 만들어지고 있다.

Developing Government as a Platform in Korea

한국의 디지털플랫폼정부 추진 방향

고진

Koh, Jean



고진(Koh, Jean)은 대통령직인수위원회 디지털플랫폼정부 태스크포스TF 팀장을 거쳐, 2022년 9월에 출범한 대통령 직속 디지털플랫폼정부위원회 위원장으로 임명되어 국민, 기업, 정부가 함께 사회문제를 해결하고 새로운 가치를 창출하는 디지털플랫폼정부 구현을 위해 활동 중이다. 서울대 전자공학과를 졸업하고 미국 시리큐스에서 컴퓨터공학 박사 학위를 받았으며, 1994년 (주)바로비전을 창업하여 순수 국내 기술로 세계 최초 모바일 VOD 상용서비스를 실현하였다. 이후 국가과학기술심의회 ICT융합전문위원회 위원장, 대통령 직속 4차산업혁명위원회 위원 등을 역임하였으며 한국모바일산업연합회 회장, 한국메타버스산업협회 회장으로 스마트콘텐츠, 모바일 앱 산업의 글로벌 경쟁력 강화에 기여해 오고 있다.

jeankoh@naver.com

● 초록 ●

디지털 대전환, 코로나19 사태 등을 겪으며 한국 정부는 정부도 변해야만 살아남을 수 있다는 것을 체감하였다. 부처 간 칸막이, 데이터 개방 부족, 경험에 의존한 주먹구구식 정책 결정, 국민의 눈높이에 미치지 못하는 서비스 등 현재의 문제를 타파하기 위해서는 지금까지와는 완전히 다른 새로운 접근 방식이 필요하다. 윤석열 정부가 제시하는 해법은 디지털플랫폼정부로, 모든 데이터가 연결되는 디지털 플랫폼 위에서 국민, 기업, 정부가 함께 사회문제를 해결하고 새로운 가치를 창출하는 정부를 말한다. 지금까지와는 완전히 다르게, 정부가 일방적으로 서비스를 제공하는 공급자에서 벗어나 민간과 협업하고 혁신의 동반자가 되는 새로운 모델이다. 한국 정부는 그동안 칸막이에 막혀 있던 데이터와 서비스를 개방하고, 디지털 플랫폼을 통해 민간과 협업함으로써 국민에게 더 좋은 서비스를 제공하고, 정부는 더 똑똑하게 일하며, 기업은 새로운 사업 기회와 가치를 창출해 나갈 수 있게 지원한다는 계획이다. 디지털플랫폼정부를 통해 민관이 서로 머리를 맞대고 협업한다면 이미 세계 최고 수준의 한국 디지털정부가 한 단계 더 도약하여 세계를 선도하는 역사적 성과를 만들어 갈 것이라고 기대한다.

키워드

디지털 플랫폼, 디지털정부, 전자정부, 데이터 개방, 정부 일하는 방식 혁신, 국가 혁신 전략

● ABSTRACT ●

Digital Transformation and the COVID-19 pandemic made the Korean government realize that it, too must change in order to survive. Current issues ranging from silos among ministries, limited data openness, experience-based, rule of thumb policy decisions to public services that fall short of people's expectations call for a completely new approach different from the one we have seen so far. The solution presented by Yoon Suk Yeol government is Digital Platform Government, a government where people, business, and the government work together to solve social problems and create new values on a digital platform where all data is connected. It represents a completely new model where the government collaborates with the private sector and becomes an innovation partner, instead of unilaterally providing services to citizens. The Korean government's plan is to open data and services hitherto blocked by silos and work together with the private sector on the digital platform, which will translate into better services for the public, improvement in the way the government works and new opportunities for business to create values. The close collaboration between the public and private on the Digital Platform Government is expected to take Korea's digital government - which is already world-class, to the next level, accomplishing historical achievements as a global leader.

KEYWORDS

Digital platform, Digital government, e-Government, Data openness, Innovate the way the government works, National innovation strategy

왜 지금 디지털플랫폼정부인가?

최근 들어 디지털 기술은 속도를 체감하지 못할 정도로 기하급수적으로 발전하고 있다. 또한 코로나19, 미중 갈등, 우크라이나 사태 등 예측이 어려운 위기와 재난이 동시다발적으로 발생하고 있다. 이렇게 큰 변혁의 시대에는 정부가 앞장서서 혼자 문제를 해결하고 이끌어 가는 방식은 더 이상 유효하지 않다. 코로나19 사태로 우리는 정부가 기존 관행대로 혼자 문제를 해결하는 것이 더 이상 가능하지 않다는 것을 직접 체험하였다. 마스크 대란, 코로나 백신 예약 먹통 사태, 긴급재난지원금 등 갑자기 닥친 위기를 신속하게 해결하는 데 정부의 기존 시스템은 무용지물이었다. 기존의 방식을 고수해서는 답이 없다는 것을 깨달은 것이다.

국민들의 눈높이도 매우 높아졌다. 국민들은 이미 다양한 민간 플랫폼 기업의 혁신적인 서비스에 익숙해져 있다. 많은 국민이 이용하는 포털이나 온라인 쇼핑몰에서는 이용자가 원하는 것을 한 번에 검색하고, 취향에 맞게 추천도 받는다. 클릭 한 번으로 주문한 상품이 현관 앞까지 배달된다. 이 모든 것이 스마트폰 하나로 가능하고, 인증과 결제도 간편하다. 하지만 아직 정부의 서비스는 이렇게 높아진 국민의 눈높이에 미치지 못한다. 자격이 있어도 몰라서 혜택을 놓치고, 공공서비스 하나를 활용하는데도 여러 곳을 방문하거나 여러 번 결제해야 하는 불편함이 있다. 예를 들어 부동산 소유권 등기이전을 하려면 오프라인 기관 3곳, 인터넷 사이트 9곳, 온라인 결제도 4번이나 거쳐야 한다. 국민들이 정부의 서비스에 답답해할 수밖에 없는 것이다. 디지털 대전환 시대에 맞추어 정부도 큰 변화가 필요하다.

그동안 우리 정부가 걸어온 길

그동안 우리 정부도 많은 노력을 해왔다. 컴퓨터 시대, 인터넷 시대, 모바일 시대에 대응하여 적극적으로 IT 기술을 도입하고 세계 최고 수준의 전자정부를 구현해 냈다. 그 결과 2020년 발표된 유엔UN 전자 정부 발전지수에서는 세계 2위를 차지하였고, OECD 데이터 개방 평가에서도 3회 연속 1위를 차지하고 있다.

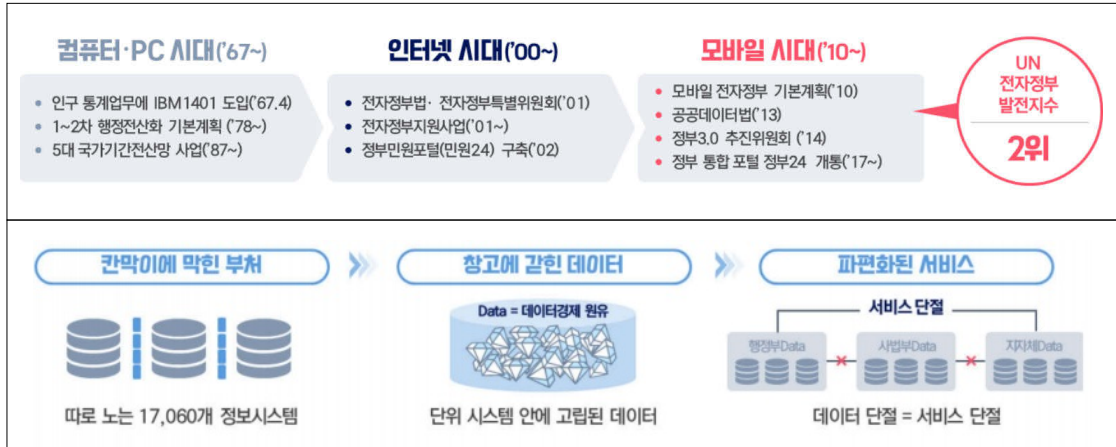


그림 1.
 위- 한국의 전자정부 추진 경과
 아래- 현재 전자정부 시스템의 한계

하지만 기존 분업화 구조와 제도의 틀 내에서 추진된 정보화는 오히려 부처별 칸막이를 높이고 정부 간 데이터 공유와 협업을 어렵게 만들고 있다. 정부의 일하는 방식의 혁신이나 국민이 원하는 통합적 서비스에 걸림돌로 작용하고 있는 것이다. 더 이상 현재의 틀 내에서 문제를 해결하려고 하면 답이 없다. 이제는 그 구조를 깨고 나와 새로운 길을 찾아야 할 때이다.

디지털플랫폼정부라는 새로운 패러다임

윤석열 정부는 이러한 문제를 해결하고, 대한민국을 한 단계 더 도약시키기 위해 ‘디지털플랫폼정부’라는 해법을 제시한다. 이는 모든 데이터가 연결되는 디지털 플랫폼 위에서 국민, 기업, 정부가 함께 사회문제를 해결하고 새로운 가치를 창출하는 정부라고 정의할 수 있다. 정부가 단순히 정보와 서비스를 제공하는 역할을 뛰어넘어 국민, 기업, 정부가 새로운 가치를 창출할 수 있는 플랫폼을 제공하겠다는 의지의 표명으로 새로운 패러다임이라고 할 수 있다.

디지털플랫폼정부는 연결, 개방, 협업이라는 원칙 아래 대한민국의 새로운 미래를 이끌어 나가게 된다. 지금까지 따로따로 칸막이에 막혀 있던 부처별 시스템과 데이터가 연결되고 개방되어 상호 협업할 수 있는 하나의 플랫폼으로 완성될 것이다.

이렇게 디지털플랫폼이 완성되면 데이터 공유와 융합을 통해 새로운 가치가 만들어지고, 클라우드의 도입으로 서비스의 최신성과 적시성이 개선되어 가치 상승 효과가 생길 것이다. 그리고 시스템 구축과 운영에 따른 비용은 사용량에 따른 구독료로 바뀌어서 전반적인 정보시스템 비용이 감소될 것이다. 그림 2와 같이 가치 증대와 비용감소로 효과가 배가되어 훨씬 큰 혜택을 체감할 수 있게 된다.

디지털플랫폼정부 중점 추진 과제

대한민국 정부는 모든 데이터가 연결되는 세계 최고의 디지털플랫폼정부를 구현하기 위해 다음 과제들을 중점적으로 추진한다는 계획을 세우고 있다.

첫째, 민관 협업과 통합적 서비스 제공을 위한 디지털플랫폼정부 혁신 인프라를 구현할 계획이다. 우선 통합적 관점에서 기존 시스템 간 연계를 추진하고, 기본적인 연계 작업이 끝나면 디지털플랫폼정부의



그림 2. 디지털플랫폼정부 혁신 공식



그림 3. 디지털플랫폼정부 혁신 인프라 단계별 구현 전략

철학에 맞추어 새로운 혁신 인프라를 설계·구축해 나간다. 이 과정에서 클라우드나 초거대 AI 등 민간의 첨단 기술을 적극 도입하여 국민의 눈높이에 맞는 서비스를 제공할 수 있는 환경을 만들어 나갈 계획이다.

둘째, 국민이 원하는 양질의 데이터를 전면 개방하고 활용을 촉진해 나갈 계획이다. 이를 위해 데이터 개방 및 활용을 저해하는 규제나 제도를 철폐하고, 데이터 표준화와 마이데이터 및 가명정보 활성화 정책 등을 통해 부가가치 높은 데이터 활용을 촉진해 나간다는 방침이다.

셋째, 인공지능, 데이터 기술을 적극 활용하여 정부의 일하는 방식을 혁신해 나간다는 계획이다. 우선 개별 부처 중심의 단독 업무처리 방식에서 민관 간, 부처 간, 중앙-지자체 간 협업을 활성화하고 관행과 경험이 아닌 데이터에 기반한 과학적 업무처리를 정착시켜 나갈 계획이다. 또한 공무원들이 AI·데이터 기반의 업무 방식 전환에 무리 없이 적응해 나갈 수 있도록 디지털역량 교육을 대폭 강화해 나갈 계획이다.

마지막으로, 모든 국민이 안전하게 디지털플랫폼정부를 이용할 수 있도록 신뢰할 수 있는 정보보안 환경을 구축해 나갈 계획이다. 개인정보 접속이나 활용 이력을 투명하게 확인할 수 있는 체계를 확립

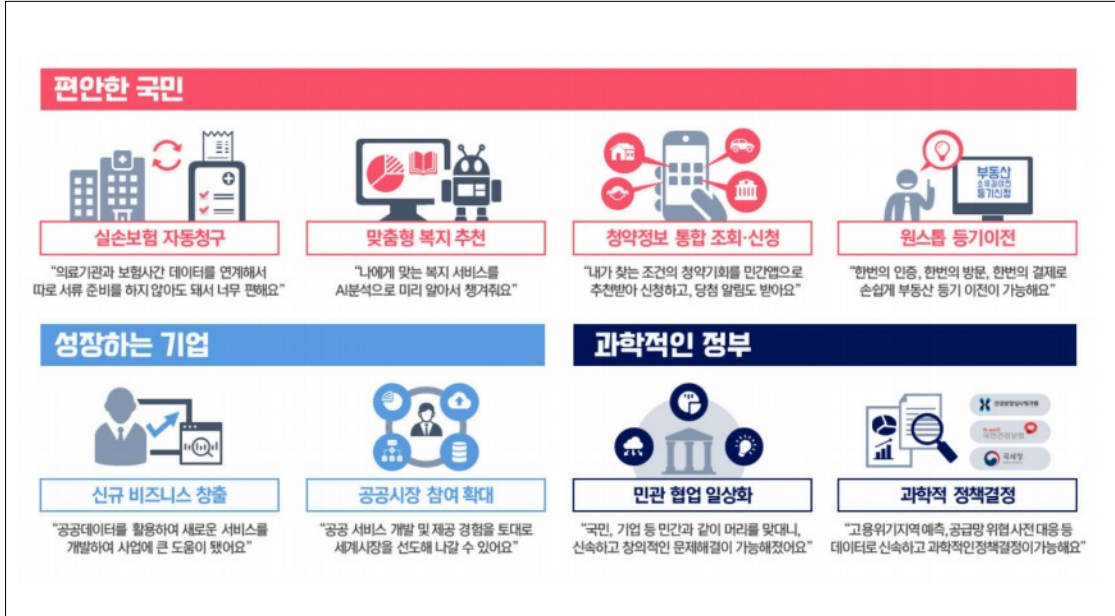


그림 4. 디지털플랫폼정부로 달라지는 새로운 대한민국

하여 개인정보 유출이나 남용에 대한 국민들의 불안감을 해소하고 블록체인, 인공지능, 양자암호통신 등 첨단 보안기술을 적극 도입하여 더욱 안전하고 신뢰할 수 있는 디지털플랫폼정부 이용 환경을 만들어 나갈 것이다.

디지털플랫폼정부, 디지털경제 패권국가 도약의 발판

디지털플랫폼정부는 단순히 부처 간 벽을 허물고 하나의 플랫폼을 만드는 것으로 끝나는 것이 아니다. 수없이 많은 객체가 연결되는 이 하나의 플랫폼은 새로운 서비스가 기획되고 실증되는 온라인 테스트베드로 작동하게 될 것이다. 이 플랫폼을 중심으로 창의적 아이디어와 역량 있는 스타트업이 모여들고 개방된 데이터를 활용하여 차세대 유니콘 기업들이 탄생하게 될 것이다. 이렇게 생겨난 혁신기업들은 디지털 산업의 성장을 이끌어 우리나라를 디지털경제 패권국가로 도약하게 만들 것이다.

디지털플랫폼정부가 완성되면 더 이상 국민이 몰라서 혜택을 놓치거나 여러 관공서를 방문해야 하고, 같은 서류를 반복적으로 내야 하는 일은 사라질 것이다. 미리 알아서 국민이 원하는 것을 제공하는 ‘먼저 찾아가는 정부서비스’가 실현될 것이다. 또한 기업은 정부가 개방한 양질의 데이터를 활용하여 신규 비즈니스를 창출하고 공공에서의 경험과 성장을 바탕으로 세계로 뻗어나가게 될 것이다. 정부도 민간과의 협업이 일상화되고, 데이터를 기반으로 투명하고 과학적으로 일할 수 있게 되어 국민과 기업으로부터 신뢰받는 정부로 다시 태어날 것이다.

디지털플랫폼정부의 구현은 국정 운영의 패러다임을 전환하는 차원으로서 단기간에 완전히 달성할 수 있는 과제가 아니고 충분한 숙성 기간이 필요하다. 하지만 윤석열 정부는 부처 간 칸막이, 데이터 개방 부족, 경험에 의존한 정책 결정, 국민 눈높이에 못 미치는 서비스 등에 대해 진지한 문제의식을 가지고 있다. 또한 디지털플랫폼정부는 대통령이 가장 우선적으로 챙기는 국정 과제로, 전례가 없을 정도로 강력하게 디지털플랫폼정부를 추진해 나간다는 방침이다. 이 기회를 활용하여 정부와 민간이 서로 머리를 맞대고 협업한다면 이미 세계 최고 수준의 우리나라 디지털정부가 한 단계 더 도약하여 세계를 선도하는 역사적 성과를 만들어 갈 것이라고 기대한다.

Korea's Smart City Empirical Study and Prospects for Expansion

대한민국의 스마트시티 실증 연구와 확산 전망

이갑재

Lee Kabjae



현재 스마트시티 혁신성장동력프로젝트 사업단장으로 국토교통과학기술진흥원에 재직하고 있으며, 국토교통부 신도시 자문위원과 국가첨단 교통실무위원회 위원으로 활동하였다. 한양대에서 전기공학 박사 학위를 받았고, 현대중공업 마북리연구소에서 하이브리드 및 전기자동차용 모터를 연구하며 IR52 장영실상을 수상하는 등 우수한 연구 역량을 발휘하였다. 국토교통과학기술진흥원에서는 산업진흥본부장과 교통사업 본부장을 역임하여 국가연구개발사업에 대한 정책, 기획 및 연구 관리의 전문성을 쌓았으며, 과학기술정보통신부의 기술수준평가 운영위원, 특정평가위원 활동 등을 통해 국가연구개발 정책에 기여하여 왔다.

kjyee@kaia.re.kr

● 초록 ●

대한민국을 비롯하여 세계 각국은 스마트시티 개발과 실증을 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 그럼에도 불구하고 데이터 표준은 정립되지 않았고, 도시문제 해결과 시민 편의를 도모하기 위한 스마트시티 서비스는 독립적인 개별플랫폼으로 운영되고 있다. 데이터는 플랫폼별로 수집 및 관리되어 데이터의 상호호환성이 갖추어지지 않았다. 또한 데이터를 수집하는 사물인터넷IoT 및 네트워크 기술 등도 표준 제정이 미흡하였고 수집 비용도 많이 든다.

이러한 문제들을 해결하고 스마트시티 표준 모델을 구축하기 위해 국가 R&D 사업으로 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트를 추진하였다. 대구시와 시흥시를 실증도시로 선정하여 데이터허브 구축과 모빌리티, 환경 등 스마트 시티 서비스 개발 및 실증을 진행하였다. 본 원고를 통해 스마트시티 실증 결과를 소개하고 대한민국의 데이터 기반 스마트시티 보급 방향을 소개하고자 한다.

키워드

데이터허브, 리빙랩, 시민참여, 스마트시티 표준 모델, 서비스 실증, 모빌리티, 주차공유, 도시안전, 긴급 구난, 시설물, 에너지, 대기환경 예측, 독거노인, 장애인 이동성

● ABSTRACT ●

Countries around the world including Korea have put great efforts into building and demonstrating smart cities. Nevertheless, such efforts have so far failed to lead to data standardization while smart city services designed to solve urban problems and make the lives of citizens better are independently provided through individual platforms. Data collected and managed by individual platforms lacks compatibility. In addition, Internet of Things (IoT) and network technologies for data collection also lack standardization and the collection costs are high.

In order to solve these problems and build a smart city standard model, the National Strategic Smart City Program was launched as a national R&D project. Daegu City and Siheung City were chosen for demonstration where data hubs were built and smart city services for mobility, the environment, etc. were developed and verified. This paper will introduce the results of the smart city demonstration and present the way forward for expanding data-based smart cities in Korea.

KEYWORDS

.....
Data hub, Living lab, Citizen participation, Smart city standard model, Service demonstration, Mobility, Parking sharing, City safety, Emergency rescue, Facility, Energy, Prediction of air quality, The elderly living alone, People with disabilities

대한민국의 스마트시티 R&D 동향

고대에서 현대에 이르기까지 도시는 사람들의 생활, 정치, 사회, 문화의 중심지였다. 도시공간은 역사를 간직하고 있으며, 문명 및 문화예술 등의 체험 공간으로 인간에게 풍요로운 삶의 기반을 제공한다. 사람들은 생활 여건이 좋은 도시로 모여들고 있으며, 오늘날에는 세계 인구의 50% 이상이 도시에 살고 있다. 또한 세계 인구는 지속적으로 증가하고 있고, 도시화도 가속화되고 있다. 도시의 인구집중과 도시화는 에너지, 환경, 교통, 범죄 등 사회문제를 발생시켜 왔다. 이와 더불어 지구온난화 등 기후변화는 인류의 삶을 위협하고 있는 상황이다.

2000년대 초반에 대한민국은 과학기술로 도시문제를 해결하고자 하였으며, 그 대표적인 예가 U-City 사업이다. 센서와 CCTV를 이용하여 다양한 도시 데이터를 수집하고 분석하여 도시관리에 활용하였으며, 새롭게 조성되는 신도시에는 U-City가 조성되었다. U-City의 대표적인 도시로는 송도 신도시가 있다. 그 이후로 U-City는 AI, 빅데이터, IoT, 5G 등 첨단기술 및 정보통신기술과 결합하여 한 단계 진화된 스마트시티로 발전하였다. 스마트시티는 도시문제 해결을 통해 시민의 삶의 질을 향상시키고, 이산화탄소 배출 저감으로 기후변화에 적극 대응함으로써 도시를 지속가능하게 하며, 데이터 수집·분석·제공을 통해 비즈니스 생태계의 기반을 제공한다.

대한민국은 2018년부터 적극적인 스마트시티 정책과 스마트시티 사업을 추진하여 왔다. 국토교통부는 세종과 부산을 스마트시티 국가시범도시로 선정하여 조성하고 있으며, 전국의 60여 개 지자체를 선정하여 도시 특성에 맞는 스마트시티 솔루션 구축을 지원하였다. 또한 정부는 스마트시티를 국가혁신성장동력 프로젝트로 선정하였고, 이를 지원하기 위해 2018년도에 국토교통부와 과학기술정보통신부가 공동으로 지원하는 R&D 사업을 추진하였다.

데이터 기반의 스마트시티 모델

스마트시티 혁신성장동력프로젝트 R&D 사업은 다양한 도시 데이터를 체계적으로 수집, 저장, 분석 및 활용할 수 있는 데이터허브를 구축하고, 도시문제 해결과 시민의 니즈를 반영한 스마트시티 서비스와 연계하며, 도시 운영 의사결정을 지원하는 스마트시티 모델을 구축하고자 추진되었다. 해외 및 국내에서 구축되는 스마트시티는 대부분 독립적인 서비스를 제공하는 플랫폼으로 구성되어 있으며, 서비스 플랫폼마다 별도의 데이터를 수집, 운영하는 체계이다. 따라서 도시 데이터는 서로 다른 정보시스템에 산재되어 있고 호환성을 갖추고 있지 않다. 도시는 메가시티로 성장하고 있고 사회는 복잡성을 더해가는 상황에서 데이터의 양은 급속도로 증가하고 있다. 따라서 데이터의 효율적인 관리와 복잡한 문제해결을 위한 융·복합 분석을 위해서는 사일로 구조의 데이터 운영체제는 개선되어야 하며, 이를 위해 스마트시티 혁신성장동력프로젝트에서는 다음과 같은 데이터 기반 스마트시티 모델 개념을 도입하였다.

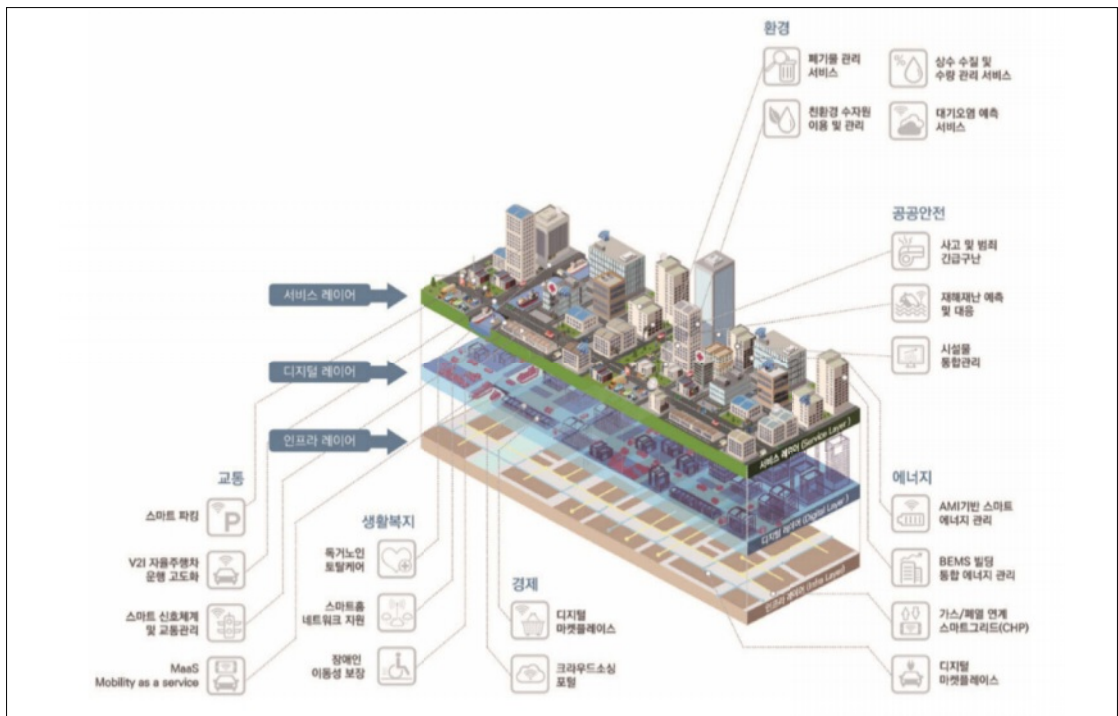


그림 1. 데이터 기반 스마트시티 모델 개념

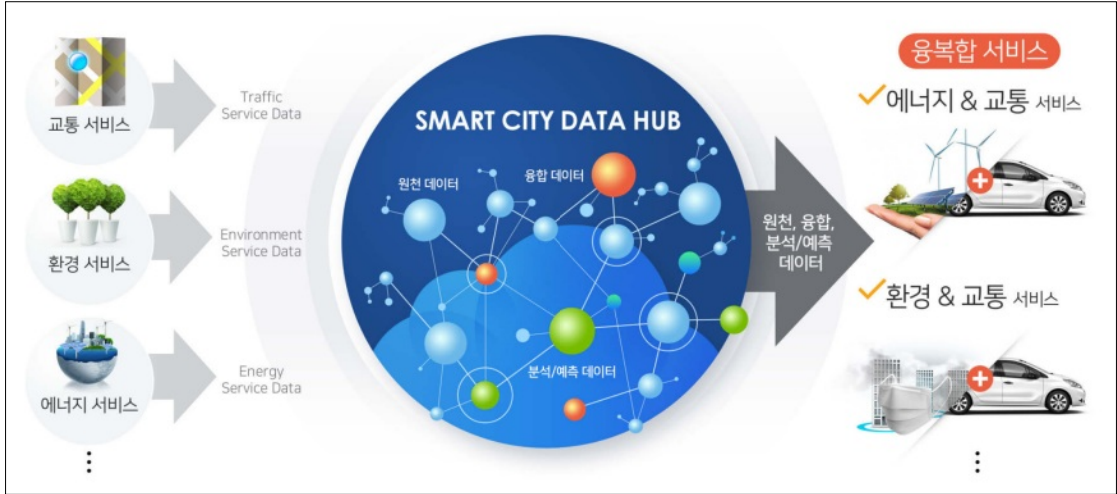


그림 2. 스마트시티 데이터허브 기반 융·복합 서비스

데이터 기반 스마트시티는 개념적으로 인프라 레이어, 디지털 레이어, 서비스 레이어 등 3개의 계층으로 구성된다. 인프라 레이어는 사물로부터 데이터를 수집하는 IoT 센서, 통신 네트워크 등 스마트시티 인프라 기반을 제공한다. 디지털 레이어는 도시 데이터의 수집, 저장, 분석 및 활용 등 데이터 유통과 재생산을 담당하는 데이터허브 영역이다. 서비스 레이어는 데이터허브와 데이터를 상호 교환하며, 분석 등을 통해 시민에게 서비스를 제공하고 도시관리자에게 의사결정을 지원한다.

융·복합 분석과 도시 간 연결을 지원하는 데이터허브

과거의 스마트시티 실증이나 시범 사업에서는 분야별 도시 서비스가 개별적으로 개발되고 운영되었다. 예를 들어 교통 서비스는 도시 내의 교통 인프라에서 데이터를 수집하여 교통 서비스만을 제공하였다. 이전에도 융·복합 기술과 서비스 개념은 존재하였으나 도시에서는 서비스 분야나 운영·관리 주체에

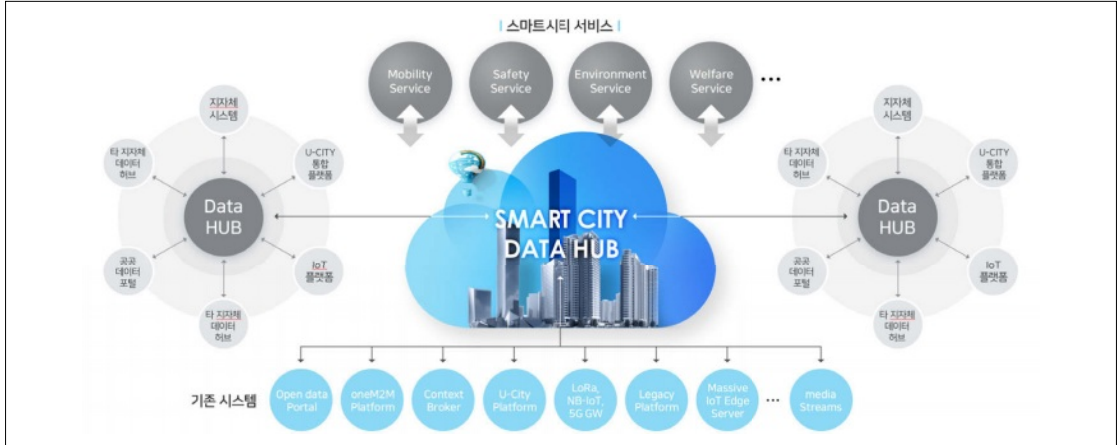


그림 3. 데이터허브를 활용한 도시 연계 및 시스템 통합

따라 시스템이 나뉘어 있었다. 따라서 데이터를 한곳에 모아 융·복합하고 활용하는 사례는 거의 존재하지 않았다.

스마트시티 데이터허브는 시스템 관점에서 도시 내 수많은 정보시스템을 연동하고 데이터를 저장, 변환 및 융·복합 분석할 수 있는 기반을 지원한다. 예를 들어 전기요금기 저렴할 때 충전하고, 미세먼지 발생과 연계하여 교통을 관제하는 등 교통·에너지 또는 교통·환경 분야를 융합한 서비스가 가능해진다.

도시에는 데이터를 활용하는 이미 많은 시스템이 운영되고 있다. IoT 플랫폼, 빅데이터 플랫폼, U-City 통합플랫폼, 그리고 다양한 행정 시스템에서 도시에서 발생하는 다양한 데이터가 수집되고 개별적으로 활용되고 있다. 스마트시티 데이터허브는 기존 시스템에 산재한 데이터를 수집하여 여러 서비스에서 활용될 수 있도록 통합관리한다. 서로 다른 분야의 서비스에서도 활용이 가능하도록 원천 데이터를 활용도가 높은 공통 데이터 모델에 맞게 변환하여 저장하고 표준 인터페이스로 데이터 조회 및 활용을 지원한다. 스마트시티 데이터허브는 도시 데이터 플랫폼에 허브 앤 스포크(Hub & Spoke) 개념을 적용하였다.

허브 앤 스포크는 기존 도시 데이터 시스템을 데이터허브와 연동하여 데이터를 통합 관리하는 모델로

이해할 수 있다. 예를 들어 스포크에 해당하는 공공 데이터 포털이나 oneM2M 플랫폼의 도시 데이터를 데이터허브로 수집하여 통합관리하고 융·복합 분석에 활용할 수 있다. 이뿐만 아니라 데이터허브 간에도 허브 앤 스포크 모델로 운영되는 개념으로 확장할 수 있는데, 이는 기초지자체와 광역지자체의 데이터허브 연계 모델 또는 인접 지자체 간의 데이터가 연계되어 활용되는 방안을 생각해볼 수 있다. 예를 들어 하천 데이터나 광역 교통 데이터는 여러 지자체에서 연계 활용할 데이터로 볼 수 있다.

융·복합 분석을 위한 표준과 링크드 데이터를 지원하는 개방형 플랫폼

도시 데이터를 효율적으로 수집하고 처리할 수 있는 스마트시티 데이터허브 플랫폼은 개방형으로 개발되어 민간기업 및 수요처인 지자체에 소스코드를 공개하였다. 그리고 데이터허브는 인터페이스

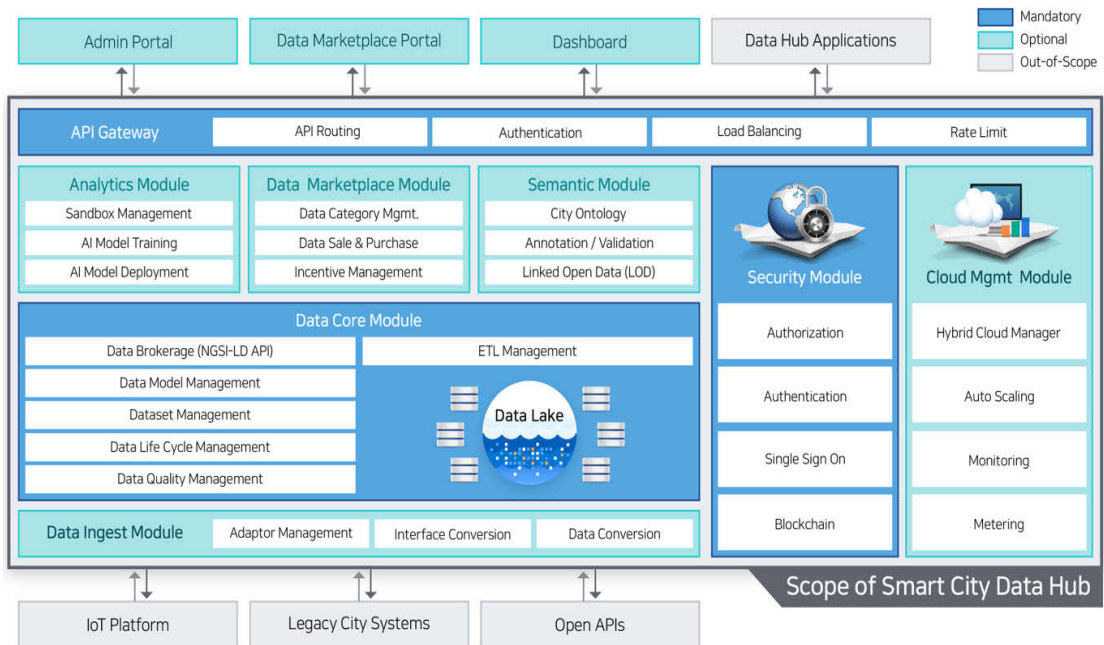


그림 4. 스마트시티 개방형 데이터허브 표준 아키텍처

적합성, 데이터모델 적합성 등 데이터허브 완성도에 대한 검증을 한국정보통신기술협회TTA에서 받았으며, 대구시와 시흥시의 데이터허브 구축을 위해 활용되었다.

스마트시티 데이터허브는 데이터 저장, 조회 등의 기능 구현에 ETSI(유럽통신표준화기구)에서 개발한 NGSI-LD(Next Generation Service Interfaces-Linked Data) 표준 인터페이스를 적용하였다. 이는 데이터를 생성·수집하는 IoT나 공공 데이터 플랫폼보다 상위 계층에서 데이터를 통합관리하기 위한 표준이다. NGSI-LD 표준을 적용한 데이터허브는 NGSI-LD 표준을 활용한 국내외 다른 솔루션과도 상호운용성을 가지는 장점이 있다. 스마트시티 데이터허브 플랫폼에 적용된 NGSI-LD 인터페이스를 적용한 도시 서비스는 다른 데이터허브와도 연동이 가능하다. NGSI-LD는 국내뿐 아니라 FIWARE 등을 통해 해외에서도 이를 활용한 다양한 소프트웨어가 개발되고 있어 향후 연계 활용이 가능하다.

NGSI-LD는 그 이름에서 의미하는 것처럼 Linked Data를 지원한다. NGSI-LD 표준에서 ‘엔티티’로 표현되는 도시 데이터는 고유한 식별자(Uniform Resource Identifier, URI)를 가지고, 데이터(예: 주차장)의 다양한 속성값(예: 현재 가용 주차면 수)뿐 아니라 다른 데이터와의 관계(예: 주차장 내 주차면 엔티티)를 나타낼 수 있다. 데이터 간의 관계를 추가하여 연결된 데이터를 표현할 수 있으며 서로 다른 데이터가 융합되는 개념으로 이해할 수 있다. 그 예로 성남시 야탑동의 공영주차장의 실시간 주차 현황 데이터는 성남시 날씨 관측이나 예보 데이터와 연결할 수 있다. 실시간 가용 주차면 수 데이터는 날씨 관측 데이터와 결합하여 기계학습에 응용하여 날씨 예보에 따른 주차 가능 면적 수를 예측하는 서비스 등에 활용할 수 있다.

대구시 스마트시티 데이터허브 구축 및 서비스 실증

대구시는 ‘행복한 시민 중심 스마트시티’ 전략을 추구하며, 이를 위해 데이터허브를 구축하고 스마트 모빌리티, 주차공유, 도시안전, 긴급구난, 도시시설물 관리, 소셜 클라우드소싱 및 시민참여 포털 등

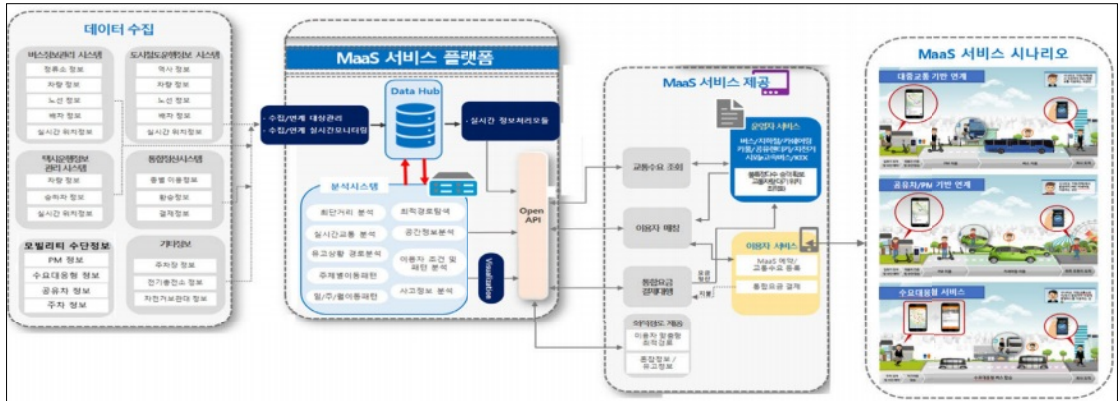


그림 5. 스마트 모빌리티 서비스 개념도

스마트시티 서비스 실증을 추진하였다. 또한 지속가능한 데이터 기반의 스마트시티 구축과 시민이 체감할 수 있는 수준 높은 서비스를 제공하기 위해 대구시에서 이미 수집하여 보유하고 있는 기존 도시 데이터와 스마트시티 데이터허브 플랫폼을 기반으로 수집된 데이터를 연계하였다.

교통 분야 대표적 서비스인 스마트 모빌리티는 대중교통을 중심으로 개인형 이동장치, 공유차, 수요 대응형서비스DRT 등 다양한 교통수단을 연계·통합하여 시민들에게 이용 편의를 제공하는 새로운 통합모빌리티 서비스이다.

이용자가 통합모빌리티 애플리케이션을 활용하여 출발지에서 목적지까지 최적 경로와 이동 수단을 검색, 저장 및 예약을 하며, 한 번의 애플리케이션 사용으로 다양한 교통수단 이용과 편리한 방법으로 요금을 지불하는 특징이 있다. 스마트 모빌리티 서비스를 활용하면 시민의 통행시간을 약 30% 단축시켜 도시교통에 대한 시민 편의성 및 만족도를 높일 수 있고, 대중교통이 활성화되어 이산화탄소 발생량도 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

주차공유 서비스는 도시 내 공영·민영 주차장 등 주차시설의 데이터를 수집하고 도시 내 주차공간 통합관리를 통해 주차공간 및 정보를 이용자에게 실시간으로 공유하고 예약·결제 등 이용효율을 극대화하는 서비스이다. 주차공유 서비스를 이용하면 주차 소요 시간을 약 10% 절약할 수 있어서



그림 6. 주차공유 서비스 시나리오

시민의 편의성과 만족도를 향상시킬 수 있고, 배회 차량 감소 및 분산에 의한 차량 집중화를 방지하여 도심의 교통체증을 완화시키는 효과가 생길 수 있다.

도시안전 서비스는 도시침수, 급경사지 붕괴 등 수재해와 폭염을 실시간으로 관측하고, 예측 정보를 생산하여 상황별로 상세 위치 기반의 위험 정보를 시민 및 지자체에 제공하는 서비스이다. 재난재해는 실시간으로 데이터를 수집하여 신속하게 상황을 전파함으로써 시민이 능동적으로 대응하게 하는 것이 중요하다. 기상청에서 제공하는 정보는 좁은 지역의 세부 정보가 제공되지 않으므로 수재해나 폭염 등의 실시간 정보나 예측정보를 도출해 낼 수가 없다. 도시안전 서비스는 실시간으로 강우량에 따른 침수지역과 경사지 붕괴 위험지역을 예측해 내며, 예측값을 바탕으로 기존 읍/면/동 단위의 경보 전파에서 100m 단위로 시민 위치 기반의 예·경보를 제공하게 된다. 실증 결과 수재해 예측 정확도가 80% 이상이며, 수재해로 인한 인명 및 재산 피해를 최대 20%까지 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 또한 도시안전 서비스를 통해 재난재해 대응을 위한 30분의 긴급대피시간을 확보함으로써 시민의 생명을 보호하고 재산 피해를 경감시킬 수 있으며, 실시간 원격관리를 통해 지자체의 도시 관리 효율을 향상시킬 수 있다.

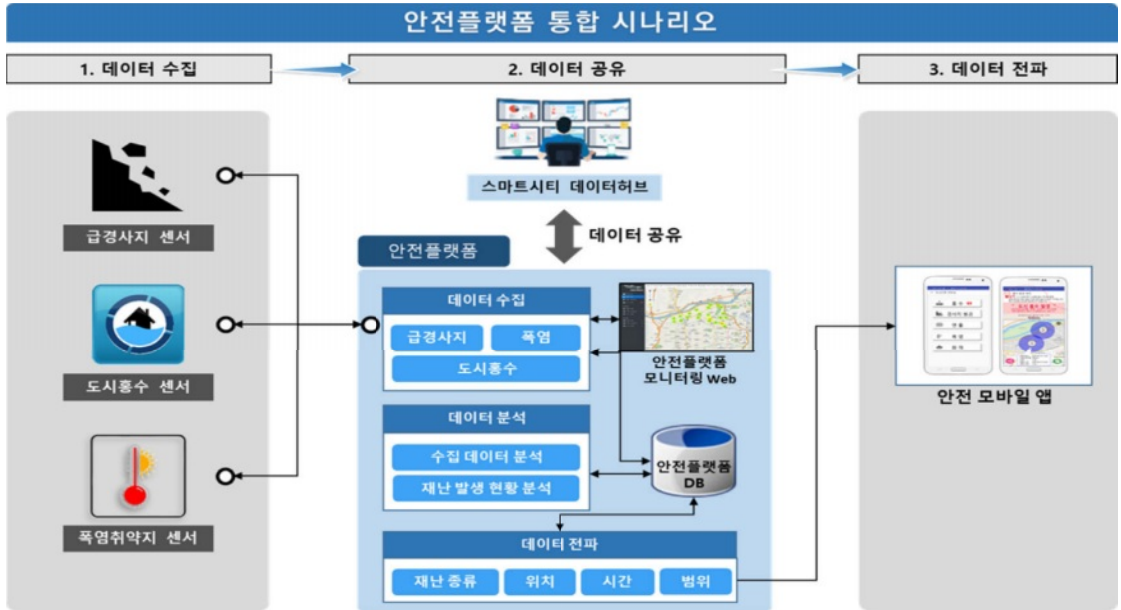


그림 7. 도시안전 서비스 시나리오

긴급구난 서비스는 화재감지기 위치정보, 위기 경보 수준 관리 시스템의 정보 및 실시간 교통정보들을 수집 및 분석하여 긴급 상황이 발생하였을 때 상황을 긴급히 전파하고 출동할 구급대를 선정하며, 구급대가 출동할 이동경로를 안내하는 등 신속하게 대응함으로써 시민들의 안전을 지키는 서비스이다. 실증 결과 구급대의 도착시간을 기존보다 5% 단축시키는 등 인명 구조를 위한 골든타임을 확보할 수 있다는 것이 확인되었다.

도시 시설물관리 서비스는 기존의 시설물 통합 정보관리 시스템 FMS와 연계하고, IoT 센서 등을 통해 데이터를 수집하여 분석함으로써 건축물, 교량 등 도시 시설물의 노후도 및 위험도를 산정하며, 시설물 관리자에게 5D(3차원 공간 정보+시간+비용) 기반으로 시설물의 보수·보강 의사결정을 지원하는 저비용·고효율 유지관리 서비스이다. 이 서비스를 통해 시설물의 노후도와 안전도 관리를 함으로써 시민의 안전을 확보할 수 있고, 실시간 원격관리를 통해 지자체의 관리효율을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

소셜 크라우드소싱 및 시민참여 포털 서비스는 시민의 능동적인 참여를 통해 도시문제를 창의적으로

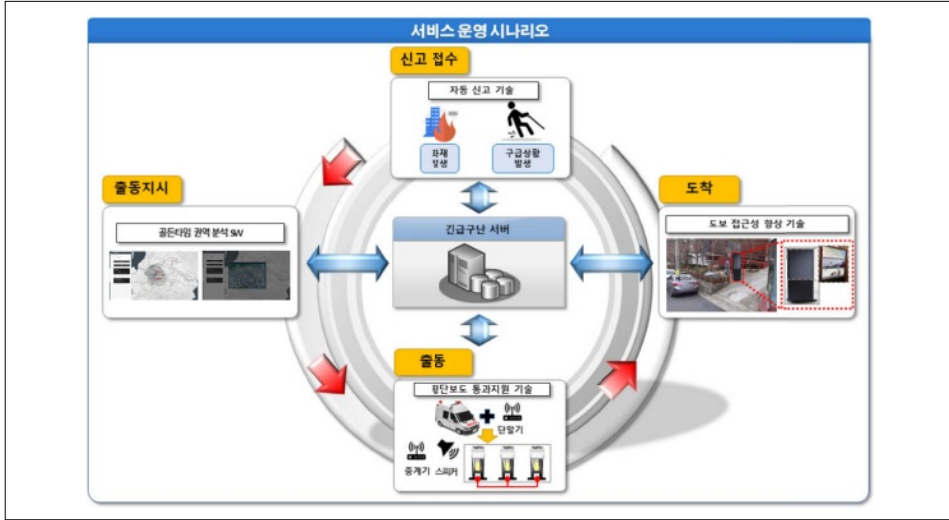


그림 8. 긴급구난 서비스 시나리오

해결하기 위한 것으로, 여러 이해관계자(시민, 기업, 지자체)에게 디지털 토론환경을 제공하고 데이터 연계분석을 활용하여 객관화된 도시문제 해결 방안을 유도하는 ‘클라우드소싱 플랫폼’ 서비스이다. 이 서비스는 시민의 아이디어 제공과 함께 적극적인 참여 기회를 제공함으로써 시민 주도의 지속적인 도시문제 해결을 위한 양방향 소통 창구로서의 역할을 할 것으로 기대된다.

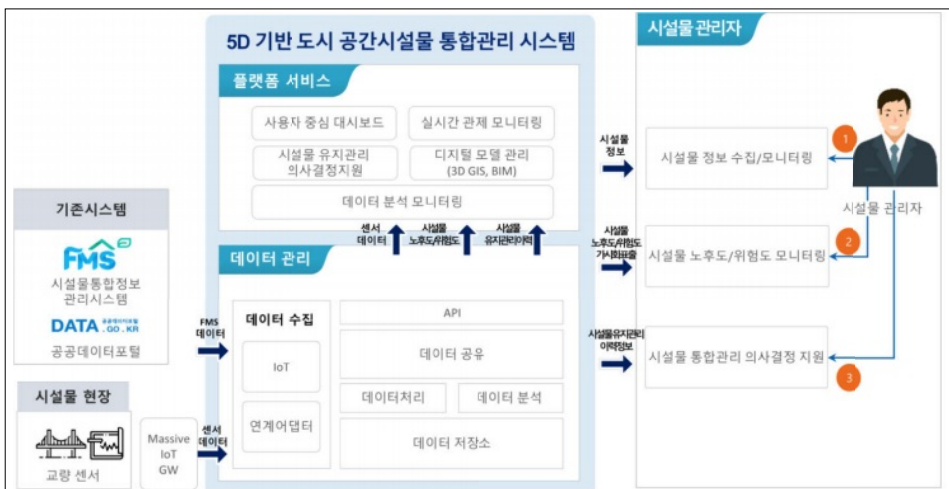


그림 9. 5D 통합시설물관리 서비스 시나리오

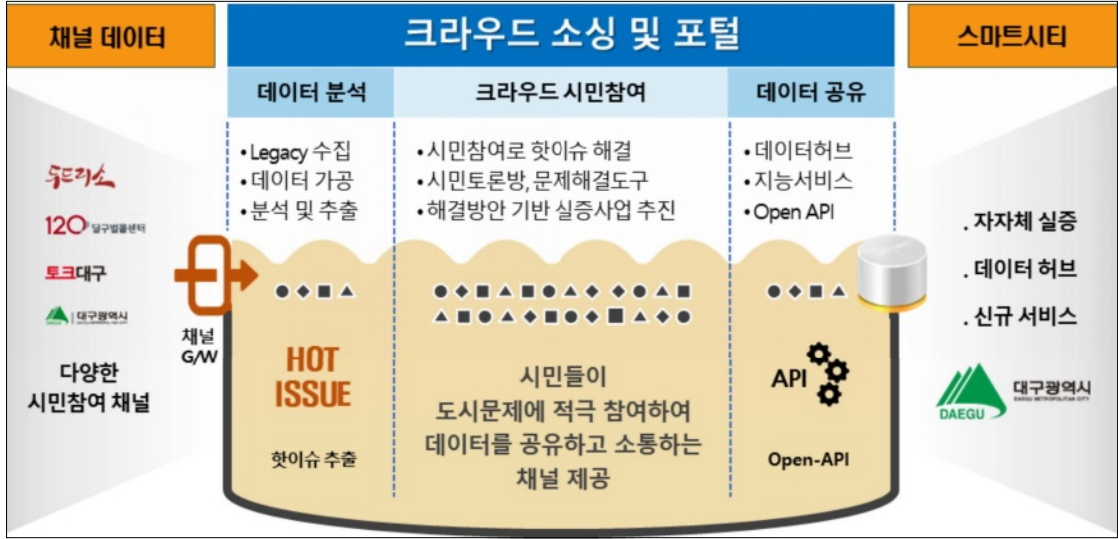


그림 10. 소셜 클라우드소싱 및 시민참여 포털 서비스 시나리오

시흥시 스마트시티 데이터허브 구축 및 서비스 실증

시흥 스마트시티는 ‘시민 참여형 스마트시티 생태계 구축’ 전략을 추구하며, 이를 위해 데이터허브를 구축하고 대기환경 측정 및 예측, 도시 에너지 관리, 독거노인 토탈케어, 장애인 이동성 보장 등의 스마트시티 서비스 실증을 추진하였다. 시흥시 데이터허브는 도시에서 발생하는 다양한 생활밀착형 데이터와 시흥시에서 수집되는 시흥시 데이터 및 국가 주요 공공데이터 등을 수집하고, 이를 표준 데이터 모델링을 거쳐 API 형태로 서비스하는 개방형으로 구축되었다. 이 데이터허브를 통해 실시간으로 도시문제 해결, 시민 생활복지 향상, 새로운 비즈니스 창출을 위한 데이터셋 API를 제공하게 된다. 시흥시 데이터허브는 시민들에게 양질의 데이터를 제공하고, 시민들이 데이터를 활용하여 가치를 상승시키고 융·복합된 새로운 데이터 생성이 가능한 특징이 있다.

대기환경 측정 및 예측 서비스는 클라우드소싱 기반으로 미세먼지 및 초미세먼지를 측정하고, 데이터 분석을 통해 도시의 미세먼지 분포 및 예측 결과를 고해상도로 제공함으로써 시민들의 삶의 질 향상에

기여하고자 하는 것이다. 시흥시 국가대기측정망에는 2대의 측정기가 운용되고 있어서 미세먼지 측정 및 예보에 한계가 있다. 본 실증의 관측 해상도는 500m²로 65대의 측정기와 시민 휴대용 측정기 100대가 활용되어 예측 모델의 정확도를 향상시킬 수 있었다. 실증 결과 시민의 쾌적한 공간 구현을 통한 삶의 행복지수를 증진시킬 수 있고, 도시지역 내 오염 물질 배출관리를 하여 도시의 청정성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 시민이 휴대형 측정기를 직접 사용하는 시민참여형 리빙랩으로 운영함으로써 시민의식을 함양시킬 수 있었고, 스타트업 기업들에는 테스트베드를 제공함으로써 측정기 개발 및 분석 등 관련 산업의 생태계를 활성화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

도시 에너지 관리 서비스는 홈, 빌딩, 공장, 공공 시설물의 에너지 사용량 데이터를 수집 및 분석하고, 분석 결과를 사용자 및 관리자에게 제공하여 효율적인 에너지 사용을 유도하고, 도시 에너지 통합관리 시스템의 구축과 이를 활용한 융·복합 서비스 기반을 제공하는 것이다. 이에 따라 건물 8%, 공장 1%의 에너지를 절감시킬 수 있고 에너지 소비패턴 인식 제고를 통해 에너지 효율을 향상시키는 효과를 낼 수 있다.

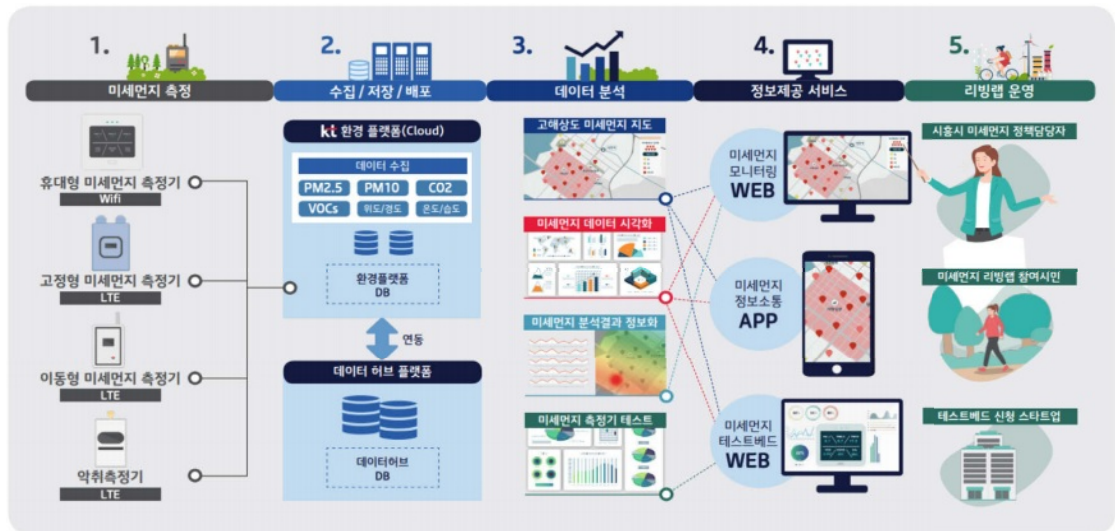


그림 11. 대기환경 측정 및 예측 서비스 시나리오

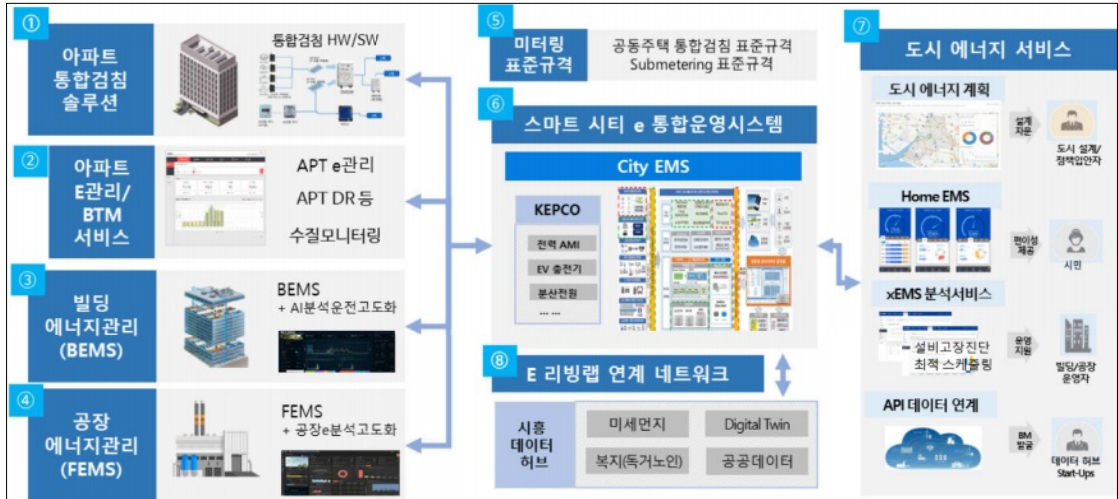


그림 12. 도시 에너지 관리 서비스 시나리오

독거노인 토털케어 서비스는 독거노인을 대상으로 AI 홈로봇을 통한 생활데이터, 스마트밴드를 이용한 라이프로그 데이터, 시흥케어존에서의 생체데이터를 수집하고, 이를 분석하여 이상 상황에 대한 긴급알람 발생 등을 제공하는 서비스이다. 이는 인구 고령화에 대비한 솔루션 제공 및 노인 부양 부담을 해소하는 데 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

장애인 이동성 보장 서비스는 이동 경로 탐색, 길 안내, 클라우드 기반 정보수집 체계를 갖춘 전용 스마트 맵 및 모바일 앱을 개발하여 장애인이 쉽게 이동할 수 있게 함으로써 장애인의 삶의 질을 향상시키기 위한 서비스이다. 시민, 장애인, 보호자 등 클라우드소싱 기반으로 장애인의 이동성 관련 정보를 수집 및 분석하고, 이벤트 발생 상황을 안내하며 맵을 업데이트한다. 그리고 모바일 전용 앱을 통해 최적의 이동수단, 추천 경로 및 우회 경로를 제공한다. 또한 실시간 날씨, 공사 정보 등 다양한 외부 데이터 등과 연계된 융합분석을 통해 목적지까지 최단·안전 경로와 주변의 환경 정보를 제공한다.

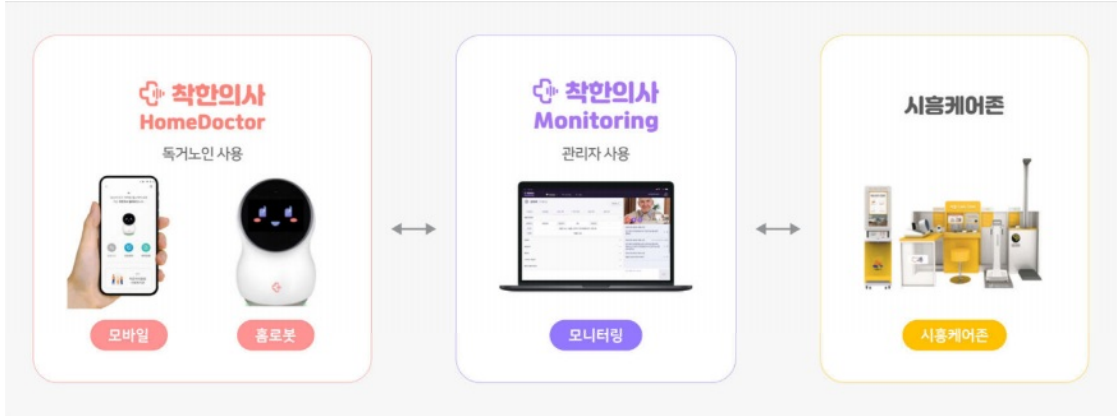


그림 13. 독거노인 토털케어 서비스 시나리오

데이터 기반 스마트시티 모델의 보급과 전망

대한민국의 데이터 기반 스마트시티 모델은 다양한 분야의 도시 데이터를 체계적으로 수집하고, 데이터 처리의 표준화 및 AI 기반 융·복합 분석이 가능한 플랫폼을 지향하고 있다. 이 플랫폼에서는 데이터 허브가 중심 역할을 하고 있으며, 지자체에서 보유하고 있는 데이터 및 스마트시티 서비스와 연계시키는 실증 연구가 두 도시에서 완료되었다. 국토교통부는 실증경험을 바탕으로 연구 성과물인 데이터허브를 2023년까지 전국의 17개 광역시·도에 보급할 예정이다. 도시에 적합하고 시민의 니즈에 부합하는 스마트시티 서비스의 제공과 기초지자체 단위의 데이터 연계까지는 다소 시간이 걸리겠지만, 데이터 허브의 보급은 데이터 기반의 스마트시티 구축을 위한 초석이 될 것으로 생각된다. 세계의 어느 나라도 시도하지 못한 도시 데이터의 수집과 이기종 데이터 간의 AI 기반 융·복합 분석체계이다.

반도체는 첨단기술의 핵심 요소인 것처럼 데이터는 AI 분석의 필수요소이다. 그리고 최근에는 디지털 트윈 및 메타버스가 스마트시티에 활발하게 기술적인 연계가 되고 있으나, 도시 데이터 없이는 구현이 불가능하며 데이터 기반 스마트시티와 연계될 때 제대로 된 기능을 발휘할 수 있다. 따라서 실증 연구를 마친 데이터 기반 스마트시티 모델의 보급과 정착은 상당히 중요한 의미가 있다고 볼 수 있다.



그림 14. 장애인 이동성 보장 서비스 시나리오

지금까지 연구개발을 통해 실증한 스마트시티 서비스는 도시문제 해결 및 지속가능한 도시 구현 등을 위해 국가 및 공공의 역할 관점에서 발굴하여 왔다. 그러나 데이터허브를 통한 데이터의 개방과 마켓플레이스 기능이 활성화된다면 민간의 아이디어, 스타트업 및 민간기업 등이 참여하여 새로운 비즈니스로 많은 확장이 이루어질 것으로 전망된다. 따라서 데이터 기반 스마트시티 모델은 공간으로 사람, 사물, 기술이 모여 메타시티로 성장해 가는 도시에, 저출산·고령화로 쇠퇴해 가는 도시에, 기후변화에 대응하기 위한 탄소중립도시에 꼭 보급되어야 할 것으로 생각된다.

| Acknowledges |

본 원고는 국토교통부와 과학기술정보통신부가 공동으로 지원한 스마트시티 혁신성장동력프로젝트 연구 성과를 바탕으로 하였다. 스마트시티 혁신성장동력프로젝트는 국가의 성장동력 확보를 위해 추진된 국가전략프로젝트로서 5년간 총사업비 1,354억 원이 투입된 대규모 실증 R&D 사업이다. R&D를 통해 개발된 기술은 실증도시인 대구시와 시흥시에서 교통, 안전, 도시행정, 환경, 에너지, 생활복지 등 6대 분야에 대해 26개의 스마트시티 서비스 실증이 이루어졌으며, 이 과정에서 155개의 연구기관이 참여하였다. 본 사업의 성공적 추진을 위해 아낌없이 지원해 주신 국토교통부와 과학기술정보통신부, 사업단 운영을 적극적으로 지원해 주신 국토교통과학기술진흥원, 실증도시로 참여한 대구시와 시흥시, 도시문제 발굴과 실증에 참여한 대구시와 시흥시민, 그리고 본 사업에 직접 참여해 주신 연구진과 사업단 소속 동료들에게 감사를 드린다.

| References |

1. 스마트시티 혁신성장동력프로젝트 사업단(2022). 스마트시티 데이터허브와 기반기술 Technical Report(1부). 국토교통과학기술진흥원
2. 스마트시티 혁신성장동력프로젝트 사업단(2022). 스마트시티 서비스 Technical Report(2부). 국토교통과학기술진흥원
3. 스마트시티 혁신성장동력프로젝트 사업단(2022). 스마트시티 리빙랩 Technical Report(3부). 국토교통과학기술진흥원

Eco Delta Smart Village:

The First Residential Test Bed for
Water, Energy, and City Nexus
& Its Living Lab

Eco Delta Smart Village:

물, 에너지, 도시 연계를 위한 최초의 주거 테스트베드
& 그 리빙랩

김진 김도균

Kim, Jin
Kim, Dokyoon



김진Kim, Jin K-water 스마트시티 처장은 2018년 1월 국가 스마트시티 시범도시 지정 초기부터 부산에코델타 스마트시티 마스터플랜, 스마트빌리지 조성 및 특화계획, 스마트 워터 스탠다드 적용계획 등 부산 에코델타 스마트시티 조성을 위한 계획 관련 업무를 총괄하고 있다.

kjin@kwater.or.kr

김도균Kim, Dokyoon K-water 스마트시티운영부장은 국가 스마트시티 시범도시 리빙랩 실증단지인 스마트빌리지 운영을 담당하고 있으며, 스마트빌리지 혁신 기술 도입 및 운영관리, 어반테크하우스 혁신기업 유치 및 혁신생태계 조성, 플랫폼 기반 리빙랩 운영 업무를 총괄하고 있다.

uhoops@kwater.or.kr

● 초록 ●

경제성장 논리에 치중한 도시 개발은 자연환경의 잠식과 에너지 과소비를 유발하면서 환경파괴, 수자원 오염 등 현대 도시의 새로운 도시 문제를 유발하였다. 환경문제가 글로벌 이슈로 등장하면서 자연과 도시가 공생하는 지속가능한 성장이 가능하고, 첨단 정보통신기술을 활용하여 도시문제를 해결하기 위해 스마트시티를 추진하였다.

대한민국 정부는 세종과 부산을 스마트시티 국가시범도시로 지정하여 규제샌드박스 등 과감한 규제개혁을 통해 민간투자 활성화와 정부 R&D 및 정책예산 투자, 시민참여 활성화 등 다방면으로 지원하고, K-water는 시민참여를 확대하고 스마트시티 사업의 리스크를 최소화하기 위해 스마트빌리지를 조성하였다.

부산시 강서구 명지동 일대에 총 56세대 주택단지로 조성된 스마트빌리지는 2022년 1월까지 전 세대가 입주 완료하였고, K-water 물 특화기술인 스마트정수장과 제로에너지 주택단지 조성 등 41개 혁신기술(서비스)을 도입하여 입주민들이 체험하고 피드백할 수 있는 리빙랩 실증 환경을 마련하여 운영 중이다. 5년간의 리빙랩 성과 데이터를 토대로 지속가능한 스마트시티 혁신생태계 조성을 통해 물-에너지-도시 넥서스 실현을 기대하고 있다.

키워드

스마트시티, 국가시범도시, 스마트빌리지, 리빙랩, 물-에너지-도시 넥서스

● ABSTRACT ●

Growth-oriented urban development brought about a new set of issues to modern cities such as environmental degradation and pollution of water resources as it caused erosion of the natural environment and excessive consumption of energy. Environmental challenges that transcend national borders have led to a drive to build smart cities to enable sustainable growth where nature and the city co-exist and to solve urban challenges by utilizing modern ICT.

The Korean government selected Sejong and Busan as pilot cities for a national smart city project, implemented bold regulatory reforms like a regulatory sandbox to facilitate private investment and provided the pilot cities with strong, multifaceted support such as government R&D investment, allocation of policy budget, and promotion of citizen engagement while K-water built Smart Village to expand people's participation and minimize the risks of the smart city project.

Smart Village which consists of 56 residential units is located in Myeongji-dong, Gangseo-gu, Busan. All units were occupied as of January, 2022 in the zero-energy residential complex where 41 innovative technologies(services) were deployed including a smart water purification plant built using K-water's technology. The Smart Village was created with a Living Lab concept to collect feedback from residents on the innovative technologies(services) they use and experience in the complex. The outcome of the Living Lab to be accumulated over the next five years is expected to help to build a sustainable innovation ecosystem of smart cities, thereby ultimately contributing to realizing the nexus of water, energy and city.

KEYWORDS

Smart city, National pilot city, Smart village, Living lab and water, energy and city nexus

도시문제 해결 패러다임의 변화

산업도시와 근대도시를 거치면서 경제성장 논리에 치중한 도시개발은 자연환경의 잠식과 에너지 과소비를 유발하면서 환경 파괴, 수자원 오염, 자연재난의 규모와 빈도 증가 등 현대 도시의 새로운 도시문제들을 유발하였다. 이로 인하여 환경문제가 글로벌 이슈로 등장하면서 자연과 도시가 공생하는 지속가능한 성장이 새로운 도시개발의 패러다임으로 나타났다. 하지만 탄소 소모를 통해 경제 발전의 혜택을 받는 국가에는 탄소 규제가 국가의 경제 발전을 저해하는 요인으로 작용하여 글로벌 세계 정책으로의 확산에는 한계가 있었다. 환경문제와 더불어 급속한 인구 증가와 도시화로 야기된 난개발, 도심공동화, 교통체증 등 도시 내적인 문제도 심각한 상황에 직면하고 있다. 과거에는 이러한 문제를 해결하기 위해 도로 건설 등 공급자 중심의 인프라 확보 해결 방식으로 접근하였으나, 시민들의 공감을 얻지 못하고 오히려 또 다른 문제를 야기할 뿐이었다.

이러한 상황에서 정보통신기술(Information and Communications Technology, ICT)을 통해 도시문제를 효율적으로 해결하고 지속가능성을 확보하는 스마트시티(Smart City)의 개념이 출현하였다. 세계적으로 발생하고 있는 고질적인 도시문제를 해결하기 위한 새로운 도시 모델은 커다란 열풍을 불러일으켰다. 더불어 2016년 1월 개최된 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)을 계기로 4차 산업혁명의 개념이 대두되었고, 이를 구현할 수 있는 공간적 토대인 스마트시티에 대해 관심이 더욱 집중되었다. 현재 세계 각국은 중앙 정부 차원에서 스마트시티 구축과 관련 기술개발 계획을 발표하고 의욕적으로 관련 정책을 추진 중이다. 또한 개도국의 도시개발 수요와 결합하면서 빠르게 확산되고 있다.

스마트시티 이전에 한국은 스마트시티와 유사한 유시티(Ubiquitous City, U-City) 사업을 추진하였다. 한계에 봉착한 도시의 문제를 해결하고 지속 가능성을 확보하기 위해 정부는 2000년대 중반부터 공공 주도로 첨단 인프라를 구축하는 유시티 사업을 시행하였다. 하지만 사업은 신도시만을 대상으로 하였고 시민(사용자)과 민간기업(공급자)이 제외된 인프라 공급 중심이어서 발전 및 정착에는 한계가 있었다. 이후 기존 사업의 교훈을 바탕으로 인프라 공급 중심의 관련법(유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률)을

개정하고 대통령 직속 4차산업혁명위원회(이하 4차위)를 설치하여 국가 전략 차원에서 스마트시티를 추진하였다. 4차 산업혁명 기반의 스마트 서비스와 사업 참여자 확대(시민·민간기업·공공 파트너십)를 통해 도시의 경제적 발전을 넘어 포용적(밸런스) 성장과 시민 삶의 질을 향상시키는 시민 중심의 스마트 시티로 도시 조성 패러다임이 변화하고 있다.

부산 에코델타 스마트시티 Eco Delta Smart City, EDC와 스마트빌리지

2018년 4차위는 ‘스마트시티 추진 전략’을 발표하였다. 해당 전략은 혁신성장을 견인하는 지속가능한 도시, 민간기업/시민 등 다양한 수요자가 참여하는 사람이 중심이 되는 지속가능한 스마트시티 조성이 주요 목표이다. 추진 전략 내용 중 핵심 과제는 세계 최고의 스마트시티 모델 조성을 위한 스마트시티 국가 시범도시 조성이다. 스마트시티 국가 시범도시는 백지상태에서 새롭게 조성하는 국가 시범도시로, 5년 내 세계 최고 수준의 스마트시티를 목표로 한다. 규제샌드박스 등 과감한 규제개혁을 통해 민간 투자를 활성화하고 정부의 R&D 및 정책예산 투자, 스마트시티 인프라 조성 검토, 시민참여 활성화 등 다방면으로 지원한다.

시범도시 콘셉트를 구현하기 위한 부지는 세종 5-1생활권과 부산 에코델타시티(이하 부산 EDC) 2곳이다. 부산 EDC는 K-water가 부산시 강서구 일원 약 11.77km²(약 360만 평) 규모의 지역에 건립하는 계획 도시이다. 부산 EDC 부지 중앙부에 해당하는 세물머리지구 인근 2.8km²(약 84만 평)가 스마트시티 국가 시범도시로 조성된다. K-water는 시민참여를 확대하고 스마트시티 사업의 리스크를 최소화하기 위해 스마트빌리지 Smart Village를 조성하였다. 스마트빌리지는 스마트시티에 적용할 혁신기술을 사전 검증하기 위한 첫 실증마을로, 실증을 거쳐 검증된 기술은 스마트시티 시범단지 전역으로 확대 추진된다. 스마트빌리지는 부산시 강서구 명지동 일대 대지면적 2만1,000m²(약 6,300평)에 총 56세대의 주택단지로 조성되었다. 이 주택단지에는 2021년 12월부터 2022년 1월까지 체험세대를 제외한 54세대가 입주

완료하고 다양한 혁신기술을 실증하며 주거하고 있다.

스마트빌리지에는 물, 에너지, 로봇, 헬스케어, 생활편의 등 다양한 분야의 41개 혁신기술(서비스)을 도입하여 입주민들이 체험하고 피드백할 수 있는 실증 환경으로 조성되었다. 기술 및 서비스로부터 발생하는 데이터는 스마트빌리지 통합 플랫폼 센터를 통해 수집하며, 약 300종 이상의 데이터를 수집/관리/분석하고 있다.

지속가능성을 위한 물 특화기술

물 전문 기업인 K-water는 도시의 물 순환 전 과정(강우-하천-정수-친수)에 스마트 물관리 기술서비스를 도입한 스마트시티와 스마트빌리지를 한국형 물 특화 도시 모델로 추진하고 있다. 부산 스마트시티는 고정밀 소형 강우 레이더와 연계한 ‘도시물재해관리시스템’을 통해 기후변화에도 안전한 도시를 조성할 수 있을 뿐 아니라, 스마트빌리지 인근에 빌딩형 ‘스마트정수장’을 설치하여 갓 생산한 신선한 정수를 단지에 공급한다는 계획이다. 또한 스마트 물 관리 기능을 도입하여 시민들이 물의 양과 수질 등을 실시간 확인할 수 있고, 친수 정보 플랫폼을 통해 도시 내 다양한 물·환경 정보 등을 제공받을 수 있는 물 특화 도시로 조성하였다.



그림 1. 부산 스마트시티 및 스마트빌리지 도입 물 특화기술

그간 K-water는 물 특화 도시 조성을 위해 물순환체계 전반의 요소기술 개발 및 실증사업을 추진해 왔다. 현재까지 개발된 물 분야 기술들은 시민의 필요성보다는 사업 시행자 중심의 서비스로 대부분 실증 단계에 그치면서 시민들의 의견과 요구를 제대로 반영하지 못하였다. 이에 대해 부산 스마트시티는 계획 수립 단계부터 시민과 민간기업의 의견을 반영하여 시행계획을 수립하였고, 시민의 삶에 영향을 미치는 물 특화기술을 도입하여 도시의 선진 물순환체계를 정립하는 한편 시민과 함께 삶의 질을 점차 개선해 나갈 계획이다.

지속가능성을 위한 에너지 혁신기술

2019년 10월에 열린 과학기술관계장관회의의 결과로 부산 EDC 스마트시티가 국토교통부 R&D 과제 가운데 ‘저탄소 에너지 고효율 건축기술 개발’ 과제의 실증지로 선정되었다. 2019년 11월에는 ‘K-water-한국에너지기술연구원-GS건설(주)’이 3자 간 협약을 맺고 스마트빌리지를 제로에너지 1등급 시범주택단지로 조성하는 것에 합의하였다. 이에 따라 스마트빌리지는 패시브Passive 및 액티브Active 하우스 기술이 적용된 에너지 자립단지를 지향하게 되었고, 최신의 에너지 혁신기술을 적용하기 위해 설계 초기부터 관련 기관과 수차례의 협의를 거치며 방향을 잡아 나갔다. 스마트빌리지 주택 및 공용 건물은 냉난방 에너지의 손실을 최소화하기 위해 고기밀 및 외단열 시공, 열교차단 자재, 외부 블라인드, 열회수 환기장치 등 패시브 기술을 적용하였다. 패시브 기술을 적용하여 보온병과 같이 여름철 팬코일 유닛 가동을 통해 실내 기온이 적정 온도로 떨어지면 냉기가 오래 유지될 수 있도록 설계/도입하였다. 전력 수요를 위해 주택건물 및 스마트 코리도의 지붕, 플랫폼 센터 및 LWP 커뮤니티 센터 벽체 등에 503kW 용량의 태양광 패널을 설치하였다.

태양광 에너지와 더불어 냉난방에 소요되는 전력량을 절감하고 유럽 선진국에 비하여 국내에서 활용도가 낮은 열에너지를 적극 활용하기 위해 국내 최초로 수열 및 지열 융복합시스템을 구축하여 사용 중이다. 수열에너지의 경우 단지 주변에 흐르는 평강천 물을 취수하여 열교환을 통해 열에너지를 생산한다.

하천 취수량은 일일 1,600톤이며, 수열에너지에 활용한 후 방류 시 하천수 온도 변화를 최소화하기 위해 1,600톤을 추가로 취수하여 희석한 후 방류하는 시스템을 구축하였다. 지열에너지의 경우 스마트 빌리지 주택건물 하부 지반에 설치된 수직형 지중 열교환기로 열에너지를 생산한다. 수열 및 지열 에너지로 생산된 열에너지는 스마트빌리지 플랫폼센터 건물 지하의 기계실 내부 축열조에 온수 및 냉수 형태로 저장된다. 이를 통해 각 가정에 에어컨이나 가스보일러가 아닌 FCU와 지열 보일러로 냉난방을 공급한다.

낮 시간대의 많은 일조량으로 태양광 발전 효율이 가장 높지만, 각 가정에서 소비되는 에너지는 주로 저녁 시간대에 발생한다. 가정 내 조명, 가전제품뿐 아니라 냉난방 공급을 위한 수열/지열 히트펌프도 전기 에너지를 사용하는데, 입주민은 대부분 출근, 통학, 외출 등으로 부재중이기에 생산된 전력보다 사용량이 적기 때문에 잉여 전력이 발생한다. 열 수요가 높은 저녁 시간대에 히트펌프를 가동할 경우 시간대별로 다른 전력 요금으로 인하여 동일한 전력량을 사용하더라도 전력 요금이 최대로 발생하게 된다. 전력 요금 절감을 위해 심야시간대에 히트펌프를 가동하고 열에너지를 축열조에 저장하였다가 주간이나 저녁 시간에 열에너지를 각 가정에 공급한다.

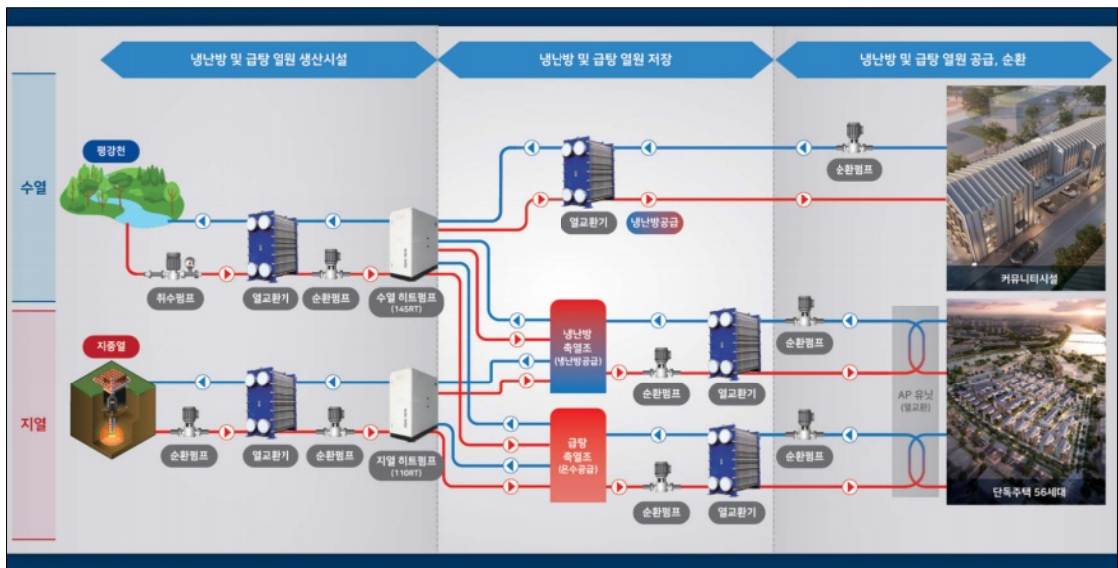


그림 2. 부산 스마트빌리지 열원 흐름도



그림 3. 부산 스마트빌리지 에너지 혁신기술 도입 현황

스마트빌리지는 이러한 문제를 해결하고 태양광 에너지의 효율적 활용을 위해 에너지 저장 장치(Energy Storage System, ESS)를 도입하고 있다. 스마트빌리지는 입주민들의 에너지 사용 패턴을 기반으로 ESS를 운용하여 낮 시간에 발생한 잉여 전력을 ESS에 저장하였다가 저녁 시간대 피크 부하 시 각 가정에 공급할 예정이다. 특히 스마트빌리지에 도입된 ESS는 자원 재순환 측면에서 전기차 보급률 상승에 따라 향후 배출량이 급등할 것으로 예상되는 전기차 재사용 배터리를 활용하여 도입되었다. 도입된 ESS는 배터리 400kWh, PCS 180kW 규모이다.

이러한 기술과 노력으로 스마트빌리지는 2022년 3월 건축물에너지효율등급 1+++ 및 제로에너지건축물 1등급 인증을 받았다. 주택건물의 경우 에너지자립률 109.8%, 공용건물은 에너지자립률 104.5%로 평가되었다. 이 같은 결과는 2030년까지 민간 부문에 확대 적용할 예정인 제로에너지건축물 의무화제도를 만족하기 위한 참고 건축물 모델로 활용될 수 있으며, 관련 정책 수립 시에도 정책의 타당성 여부를 판단할 수 있는 선례로 활용될 수 있다.

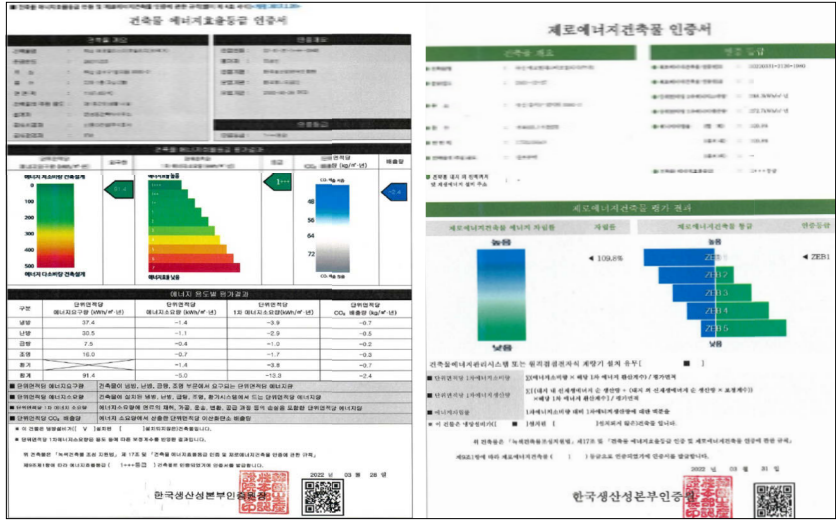


그림 4. 부산 스마트빌리지 에너지 인증서

스마트빌리지 시민참여 기반의 리빙랩 활동

스마트빌리지는 미래 혁신기술을 미리 체험해 보고 사용자 친화적으로 고도화하는 데이터 기반의 시민 참여 리빙랩(Living Lab)형 단지로 조성되었다. 시민참여 리빙랩은 사업 시행자 중심의 기존 도시 개발 방식인 하향식(Top-down) 정책에서 탈피하여 시민과 민간이 참여하여 함께 만들어가는 상향식(Bottom-up) 정책 방법론으로, 스마트시티의 조성 및 운영에 적극 활용되고 있다. 시민참여 리빙랩은 실증 주거단지인 부산 에코델타 스마트빌리지에서 물, 에너지, 헬스케어, 로봇, 생활편의 등 도시 전반에 적용될 수 있는 혁신기술 등을 시민과 민간기업이 직접 실증하고 피드백을 통해 고도화하는 것이다. 공공과 민간, 주민이 파트너십을 이루어 스마트빌리지 공동체를 통해 성과를 공유하고 서비스 향상·융합으로 혁신 기술 지속성장을 지향하며 부산 스마트시티 혁신기술 도입에 있어 신뢰도와 시민체감성을 높인다는 데 그 의미가 있다.

스마트빌리지 리빙랩의 핵심 과제는 시민참여 리빙랩 운영, 데이터 중심의 혁신기술 실증, 정책/기술 활용/확산 등 세 가지로 구성된다. 시민참여 리빙랩 운영은 입주민들이 중심이 되어 문제 제안부터

해결에 이르기까지 전 과정을 주도하는 리빙랩을 뜻한다. 데이터 중심의 혁신기술 실증은 주민이 제기하는 문제뿐 아니라 사용 데이터를 기반으로 혁신기술 개선 사항을 도출하고 고도화하는 실증 체계를 의미한다. 정책/기술 활용/확산은 혁신기술의 수준을 실증하고 고도화하여 스마트시티로 확산하는 것을 의미하기도 한다. 이를 통해 지속가능한 스마트시티의 선도 모델로서 스마트시티 정책/기술 반영 및 국내외 성과를 확산시키는 것이 향후 목표라고 할 수 있다.

리빙랩의 최적 운영을 위해 주택 규모 및 가구주의 연령별 인원 배분을 감안하여 다양한 세대와 계층으로 입주민을 구성하였다. 입주민들은 도시문제 해결의 정책가능터 역할을 할 수 있도록 별도의 분양 없이 스마트 기능을 체험하고 피드백하기를 희망하는 시민을 대상으로 공모를 통해 선발하였다. 최종 선정된 56세대의 입주민은 5년간(2022~2026) 단지 내에 적용되는 혁신기술을 체험하고 개선을 위한 리빙랩 프로그램에 참여해야 한다. 원활한 리빙랩 활동을 위해 스마트빌리지에 입주하기 전 입주민 사전교육

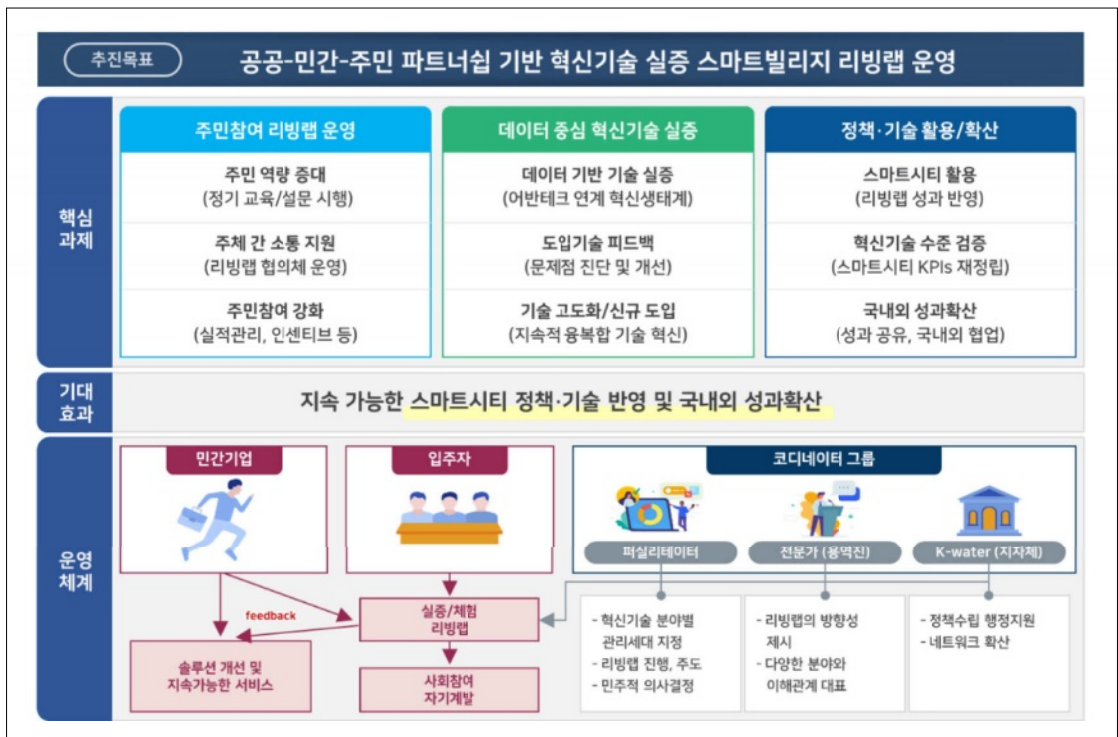


그림 5. 스마트빌리지 리빙랩 운영 계획

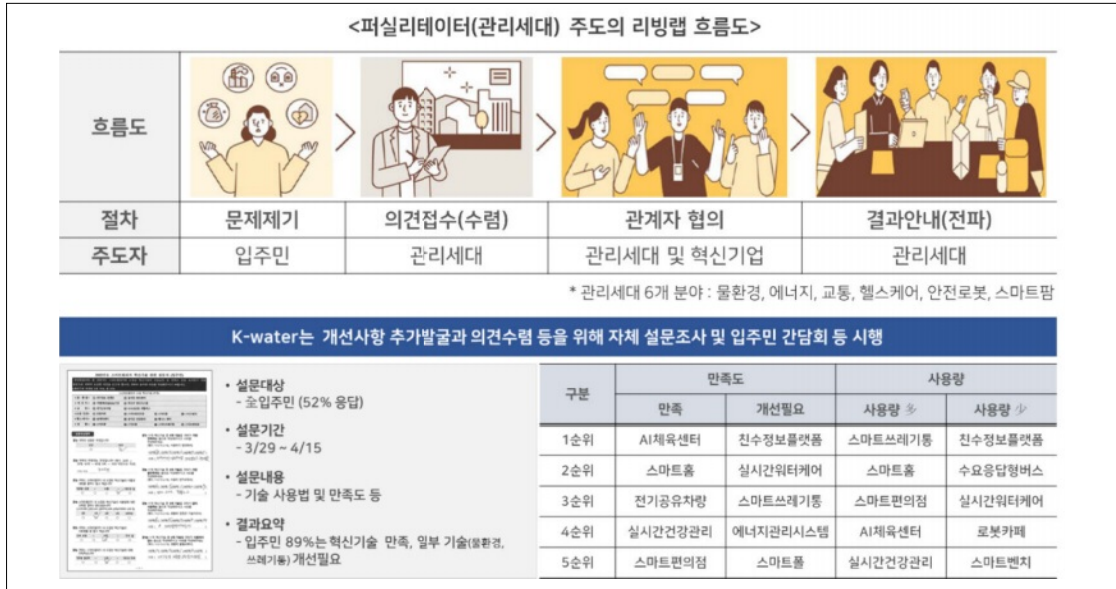


그림 6. 관리세대 중심의 리빙랩 운영체계 및 입주민 설문 결과

프로그램을 통해 스마트시티와 리빙랩에 관한 이해도도 높였다. 입주 후에는 혁신기술 관련 만족도 조사와 개선점에 관한 설문을 진행하였고, 입주민과 함께 관리세대(퍼실리테이터) 중심의 리빙랩 운영 방안을 마련하여 운영 중이다. 또한 향후 리빙랩 운영의 연속성을 위해 리빙랩 운영 기획 연구용역을 추진하여 지속가능성을 확보하였다.

스마트빌리지 리빙랩은 데이터 기반의 리빙랩이기도 하다. 스마트빌리지에 도입된 다양한 혁신기술에서 발생하는 데이터를 기반으로 진행되는 리빙랩을 의미한다. 입주민들이 제기하는 개선점과 함께 기업 차원에서의 개선 사항을 파악하고 개선하기 위한 리빙랩이다. 또한 리빙랩을 통한 기술·서비스의 신속한 개선과 신규 복합 서비스를 창출하기 위해 스마트시티 관련 혁신기업(19개사)에 스마트빌리지 인근에 위치한 ‘어반테크하우스’ 내 공유오피스를 제공하여 현장에서 신속한 피드백이 이루어지는 산업 생태계 기반을 조성하였다. 이렇듯 투 트랙Two track의 리빙랩을 통해 공공-민간-시민 파트너십Public-Private-People Partnership, PPPP의 스마트시티를 실현하고 지속가능성을 확보하는 것이 스마트빌리지의 존재 의의이다.



그림 7. 스마트빌리지 리빙랩을 통한 공공-민간-시민 파트너십(Public-Private-People Partnership, P.P.P.) 활동

향후 계획

스마트빌리지는 입주민들과 소통하며 피드백을 받아 불편사항을 최소화하기 위해 분야별 담당자들이 노력하며 개선하고 있다. 일반적인 단지들이 입주 이후 유지 수준에 머무르고 있는 반면, 스마트빌리지에 적용된 기술은 유용성이 입증되면 스마트시티로의 확대 적용이 필요하기 때문에 지속적인 모니터링과 고도화가 진행되며 상시 발전하고 있다.

향후 스마트빌리지에 도입될 대인 간 에너지 공유·거래 플랫폼은 탄소중립 도시로의 확장을 위해 기대가 큰 분야이다. 현재 한국에너지기술연구원 및 차세대융합기술연구원의 주도로 빅데이터 및 블록체인 기술을 활용하여 스마트빌리지 내 에너지 공유 및 거래를 위한 플랫폼을 구축하고 있다. 에너지 공유 및 거래를 위해 주택 건설 단계에서 각 세대에 원격 검침이 가능한 5종 계량기(전력, 수도, 냉난방, 온수)를 설치하였다. K-water는 주택에 설치된 태양광 패널로 생산된 전기에 대한 에너지 사용 권한을 해당 세대에게 주고 있다. 태양광 발전 전력보다 세대 사용 전력이 적을 경우 발생하는 잉여 전력을 이웃 세대,



그림 8. 스마트빌리지 리빙랩 기반 데이터 플랫폼 구축 및 운영 현황(예시)

K-water, 그리고 추후에는 인근 주택단지와 에너지를 공유 및 거래하여 탄소중립에 한 걸음 더 다가갈 계획이다.

스마트빌리지 내에서 에너지 공유 및 거래 플랫폼이 본격 가동되고 그 유용성이 인정된다면 도시 단위로의 확대 적용될 것으로 기대하며 에너지 공유를 통해 도시 단위의 에너지자립 달성에도 기여할 것으로 본다. 또한 스마트빌리지 통합 플랫폼에 수집되는 혁신기술 데이터의 운영/활용 방안을 마련하고 검증된 최종 성과 데이터를 공공기관, 학계, 민간기업 등에 제공하여 혁신기술 개선 및 신규 서비스 창출로 연계되어 지속가능한 스마트시티 혁신 생태계가 조성되길 기대한다. 이를 통해 물-에너지-도시 넥서스가 실현될 수 있을 것이다.

Climate Crisis and Sustainable Cities

기후위기와 지속가능한 도시

이제승

Lec., Jaeseung



서울대 산업디자인과 건축을 전공하고, 미시간대 *University of Michigan* 석사과정에서 도시 설계 공부를 시작하였으며, MIT에서 도시 및 지역계획학 박사를 취득하였다. 홍익대 도시 공학전공에서 도시설계 부교수로 재직하였으며, 현재는 서울대 환경대학원 환경조경학과 도시환경설계전공 부교수로 재직 중이다. 전통적 도시설계 연구와 더불어 빠르게 변화하는 시대의 도시설계가 나아가야 할 방향을 모색하고 있다.

jaeseung74@gmail.com

● 초록 ●

도시 지역에서 전 세계 온실가스의 70%를 배출하기 때문에 도시화에 따른 산업화가 탄소 배출의 주범으로 여겨져 왔다. 도시 지역에서 배출되는 탄소의 주요 발생원은 건물과 수송 분야이다. 다시 말하면 우리가 생활하고 이동하는 생활환경이 탄소 배출에 큰 영향을 미친다는 의미이다. 도시의 에너지 효율을 높여 탄소 배출을 줄이기 위해서 도시 지역은 고밀도 복합용도 지역으로 개발해야 한다. 대중교통과 에너지를 효과적으로 제공할 수 있는 적정 밀도를 달성하고, 압축적인 토지 이용과 직주근접을 위한 합리적 기능 배분을 통해 전반적인 이동 수요를 줄이는 도시 구조를 확보해야 한다. 교통 시스템은 도시 안팎의 이동을 위한 다양한 교통수단이 공존할 수 있도록 만들어져야 한다. 적절한 밀도와 교통망 계획을 통해 친환경 교통수단 활용을 유도하여 개인 승용차의 이용을 줄여 나가야 한다. 또한 도시의 녹지를 보존하여 개발 지역과 조화를 이루는 녹지를 탄소 흡수의 자원으로 활용하여 지속가능한 탄소중립도시로의 전환에 이바지해야 할 것이다. 마지막으로 도시에서 우선하여 고려할 스마트 서비스의 목표는 탄소제로 에너지 자립으로 볼 수 있다. 도시 단위의 에너지 생산과 소모 시뮬레이션을 통해 장기적인 에너지 공급과 관리 계획이 수립되어야 한다. 도시 단위의 재생에너지 공급과 스마트 그리드 계획을 통해 신 에너지의 경제적 지속가능성을 확보하는 방안을 마련해야 할 것이다.

키워드

도시화, 기후위기, 탄소중립 시나리오, 지속가능한 도시개발

● ABSTRACT ●

As urban areas account for 70% of global greenhouse gases, urbanization and subsequent industrialization have been considered as the main culprit for carbon emissions. Buildings and transportation are main sources of carbon emissions in urban areas. In other words, the way we live, and travel has great impacts on carbon emissions. To reduce carbon emissions by improving city's energy efficiency, urban areas should be developed for high-density, mixed-use purposes. It is necessary to achieve an optimal density that can efficiently provide public transportation and energy and establish an urban structure that reduces overall mobility demand with compact land use and rational distribution of functions for proximity of jobs and housing. The transportation system should be built in a way to enable different means of transport that people use to move in and out of the city to co-exist. A right level of density and well-conceived transportation network planning will encourage the use of eco-friendly means of transportation to reduce the use of private cars. In addition, well-preserved green spaces in cities in harmony with developed areas can be used as resources for carbon absorption that contributes to the transition toward a sustainable net zero city. Lastly, cities should give a priority to carbon zero energy independence in setting the goal of smart services. A long-term energy supply and management plan needs to be developed by simulating energy production and consumption at the city level. City-level renewable energy supply and smart grid planning will help to shed light on how to achieve economic sustainability of new energy.

KEYWORDS

Urbanization, Climate crisis, Carbon neutrality scenarios, Sustainable urban development

도시화와 기후위기

현재 우리나라의 도시화는 약 90% 이상 진행되어 시민 대다수가 도시에서 살고 있다. 도시에 많은 문제가 있음에도 왜 많은 사람이 도시에서의 삶을 선택할까? 도시의 근본적인 장점은 밀도에서 나온다. 많은 사람이 모여 살기 때문에 사람들 간의 접촉이 활발해지고, 다양한 일자리가 생기며, 예측하지 못한 기회가 생긴다. 인구와 산업의 집중은 규모의 경제를 통해 에너지, 도시 인프라, 교통 시스템, 문화 인프라 등 도시 운영의 핵심적인 자원 공급의 효율을 높여준다. 그러나 도시 과밀로 말미암은 부작용이 있음을 부인할 수 없다. 환경오염, 범죄, 녹지 부족, 주거 환경 저하 등의 문제는 도시의 고질적인 문제로 정부와 도시계획가의 오래된 숙제로 남아 있다.

도시의 성장 과정에서 볼 때 도시의 밀도 증가와 더불어 다양한 부작용이 발생하였다. 중세시대부터 조성된 보행과 마차의 이동 한계로 제한된 영역 안에서 조성된 도시에서는 일자리와 주거가 밀접하게 혼합된 고밀도 도시였다. 산업혁명으로 촉발된 급격한 농촌 인구의 도시 이주 증가는 기존 도시의 과밀로 이어졌다. 과밀도시에서 많은 사람은 적정 면적, 환기, 채광 등 기본적인 주거환경을 누리지 못하였고, 도시 단위에서는 환경오염, 녹지 부족 등의 문제가 나타났다.

교외 지역(Suburb)의 성장은 도시의 문제를 피하고자 도시에서 벗어난 상대적 고소득 계층 이동의 결과로 나타났다. 교외 지역에서는 상대적으로 저렴하고 넓은 주택에서 풍부한 녹지를 누릴 수 있다. 교통수단의 발달은 이러한 교외 지역 거주자의 도심으로 통근을 가능하게 하였다. 개인 교통수단이 점점 발달하고 고속도로 등 인프라가 갖추어지면서 교외 지역 개발은 폭발적으로 늘어나, 저밀도의 도시가 무질서하게 확장되는 스프롤(Sprawl) 현상이 새로운 도시문제로 나타났다. 스프롤은 과도한 자연 녹지를 개발해야 하며, 저밀도 개발 때문에 전기, 냉난방, 도로 등 기본적인 도시 서비스 공급을 위해 비효율적인 자원이 투입되어야 한다. 또한 교외 지역은 대중교통 공급이 불가능하고 개인 승용차에 의존하는 환경이어서 전기, 가스, 휘발유 등 에너지 낭비가 심하고 교통체증과 대기오염 등의 부작용이 나타났다. 이러한 탄소 기반 도시화와 무분별한 개발의 확산은 심각한 기후위기의 근본적 원인 중 하나라고 볼 수 있다.

이에 대한 반작용으로 고밀도, 복합용도, 대중교통 중심의 개발을 추구하는 뉴어버니즘(New Urbanism), 스마트 성장(Smart Growth), 대중교통지향형개발(Transit-oriented Development, TOD), 압축도시(Compact City) 등의 흐름이 나타났으며, 이러한 흐름 속에서 최근 15분 도시 등의 개념이 논의되고 있다. 이러한 흐름은 고밀도 도시의 장점을 유지하면서 부작용을 완화하는 성장과 개발의 방향으로 요약할 수 있다. 이러한 아이디어는 에버니저 하워드(Ebenezer Howard)의 전원도시가 던지는 질문으로부터 이어진다: 도시(Town), 전원(Country), 도시-전원(Town-Country) 중에서 사람들이 어디에 살 것인가? 다시 말하면 어떻게 도시성과 자연의 균형을 유지한 지속가능한 도시를 가꾸어 갈 것인가?

최근 활발히 추진되고 있는 스마트시티(Smart City)는 ICT 기술을 활용한 효율적인 도시 관리와 운영을 추구한다. 스마트시티의 부상은 도시 성장 시기의 화두인 “어떻게 만들 것인가?”에서 “어떻게 운영할 것인가?”로 패러다임이 변화하고 있음을 보여준다. 즉 개발과 성장의 도시개발에서 지속가능한 생태적 도시 운영 및 관리로의 전환이 이루어지고 있다.

기후위기와 2050 탄소중립 시나리오

전 세계적으로 기후변화로 인한 피해가 늘어나면서 국제사회가 기후위기 대응을 위한 적극적 전환 노력을 기울이고 있다. 우리나라도 기후변화로 인한 국내 피해를 최소화하고 국제사회의 책임 있는 일원으로서 기후위기 대응에 동참하기 위해 2020년 10월에 국가 비전으로 2050 탄소중립을 선언하고 후속 대응으로 2021년 5월 탄소중립위원회를 출범하였다. 탄소중립위원회는 2021년 8월 2050 탄소중립 시나리오 초안을 발표하여 의견 수렴 과정을 거친 후, 2021년 11월 2개의 2050 탄소중립 시나리오를 발표하였다.

2050 탄소중립 시나리오는 ‘기후위기로 부터 안전하고 지속가능한 탄소중립 사회’를 비전으로, 탄소중립을 실현하기 위한 부문별 전환 내용과 탄소중립이 실현되었을 때의 미래상을 포괄한다. 따라서

이 시나리오는 부문별 세부 정책 방향과 전환 속도 등의 의사결정에 기본적인 틀을 제공한다. 2개의 탄소중립 시나리오는 모두 국내 순 배출량을 0으로 낮추는 것을 목표로 하고 있다. A안은 탄소 배출 자체를 최대한 줄이는 시나리오로 화력발전 전면 중단 등을 포함한다. B안은 CCUS(Carbon Capture, Usage and Storage: 탄소 포집, 이용, 저장 기술) 등 탄소 제거 기술을 적극적으로 활용하는 방안으로 LNG 발전 등 탄소 발생원을 일정 수준 유지하는 시나리오이다. 이 두 개의 시나리오는 어느 한쪽을 선택하기 위해 제시되었다기보다는, 각기 다른 기술 수준 등을 고려하여 다양한 미래상을 제시하는 역할을 한다(환경부A).

탄소중립 시나리오는 크게 배출과 흡수로 구분된다. 주요 배출 부문은 에너지 전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물 등이다. 전환 부문은 두 안 모두 석탄발전 중단과 재생에너지의 발전 비중을 대폭 상향한다. 산업 부문에서는 탄소를 배출하지 않는 수소환원제철 등 친환경 공정 기술을 도입하고 신재생 연·원료로 전환한다. 건물 부문에서는 제로에너지 건축물 도입과 그린리모델링 등을 통해 건축물의 에너지효율을 향상한다. 수송 부문은 대중교통 이용 확대를 통해 승용차 통행량을 줄이고, 무공해차 보급률을 85% 또는 97% 이상으로 상향한다. 농축수산 부문은 저탄소 영농법을 확대하고, 폐기물 부문은 폐기물 감량 및 재활용 확대와 더불어 바이오가스의 에너지를 활용한다. 마지막으로 흡수에서는 녹지 등 흡수원을 확대하고, CCUS와 직접공기포집(DAC) 기술을 도입한다(환경부B).

도시와 탄소중립 시나리오

2050 탄소중립 시나리오의 성공을 위해서는 도시별 탄소 배출 경향에 대한 이해가 필요하다. 도시 지역에서 전 세계 온실가스의 70%를 배출하기 때문에 도시화에 따른 산업화가 탄소 배출의 주범으로 여겨져 왔다(IEA, 2012). 또한 최근 연구에 따르면 25개 메가시티가 전 세계 온실가스의 52%를 배출한다고 한다(Ting et al., 2021). 이는 도시 지역에서 온실가스 배출을 줄여야 탄소중립의 목표에 효과적으로 도달할 수 있음을 시사한다.

그렇다면 어떻게 도시의 탄소 배출을 줄일 것인가? 도시 지역에서 배출되는 탄소의 주요 발생원은 건물과 수송 분야이다(Burgelman). 다시 말하면 우리가 생활하고 이동하는 생활환경이 탄소 배출에 큰 영향을 미친다는 의미이다. 생활환경과 온실가스 배출과의 관계를 이해하기 위해서는 도시별 총 탄소배출량과 1인당 탄소배출량을 같이 고려할 필요가 있다. 앞서 언급한 바와 같이 메가시티에서 탄소배출량의 절반을 차지하는 경향이 있다. 노르웨이 과학기술대학 연구팀의 도시별 탄소배출량 추정량 데이터를 활용하여 분석한 결과, 뉴욕의 탄소배출량은 다른 미국 내 다른 주요 도시들보다 총 탄소배출량은 압도적으로 높지만, 1인당 탄소배출량은 중간 정도 수준이다(Moran). 반면, 뉴올리언스 같은 도시의 총 탄소배출량은 낮지만, 1인당 탄소배출량은 미국 내에서 제일 높다(그림 1). 우리나라에서도 비슷한 패턴을 발견할 수 있다(그림 2). 서울은 다른 도시들에 비하여 압도적으로 탄소를 많이 배출하지만, 1인당 탄소배출량은 중간 정도 수준을 보이고 있다. 반면, 전주의 총 탄소배출량은 낮지만 1인당 탄소배출량은 제일 높게 나타났다.

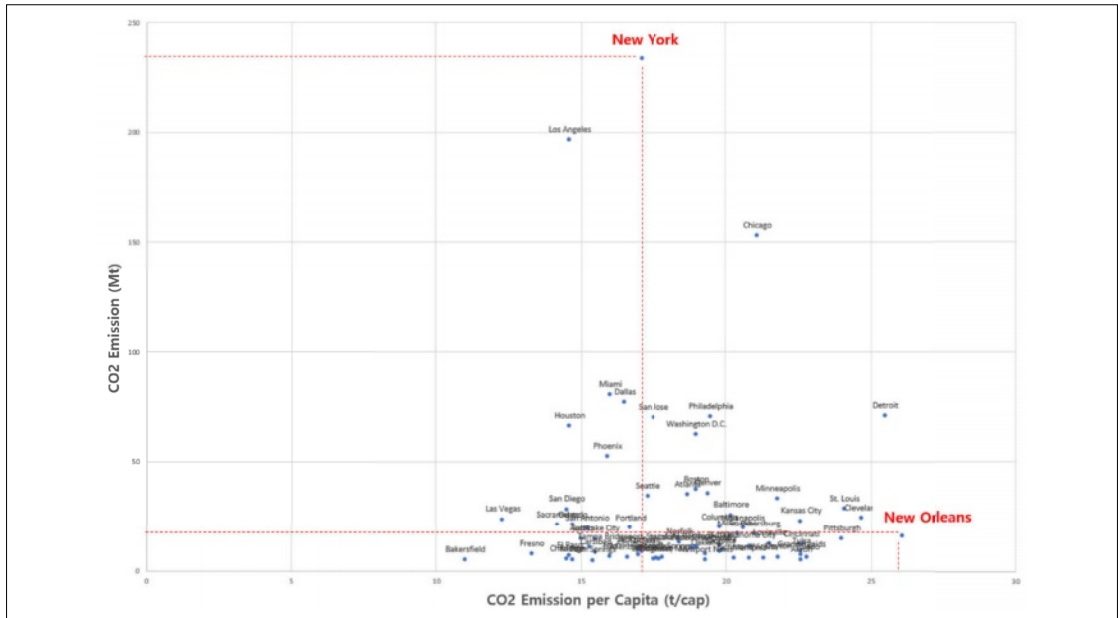


그림 1. 미국 주요 도시의 탄소배출량과 1인당 탄소배출량

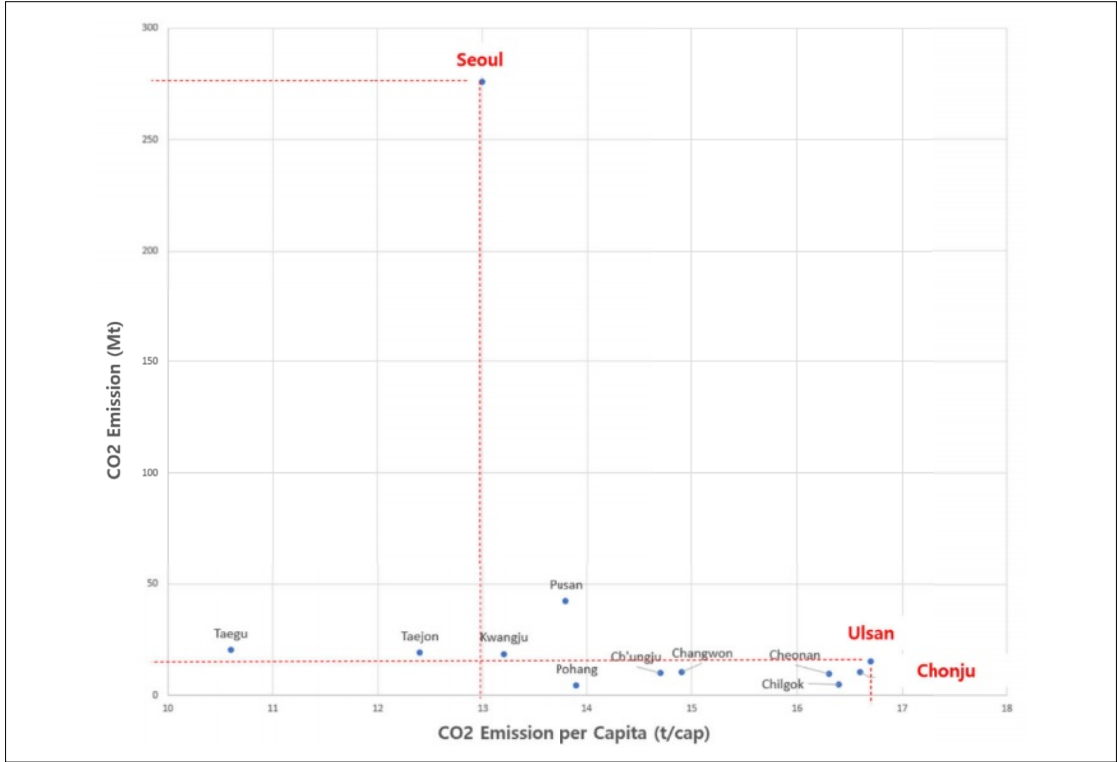


그림 2. 대한민국 주요 도시의 탄소배출량과 1인당 탄소배출량

지속가능한 도시개발

이러한 도시별 탄소 배출 패턴은 도시의 밀도와 활동 집적의 결과로 나타난다. 도시에 인구와 활동이 집중되면서 에너지 소모에 있어서 규모의 경제와 효율이 발생하는 것이다. 건축물에 있어서 단독 주택보다 집합주택의 에너지 효율이 높은 경향이 있다. 이는 개별 주거의 대기 노출면이 적은 집합주택이 단열에 유리하고, 에너지 공급 측면에서도 집합주택이 효율적이다. 수송 부문에서는 대중교통 활용이 유리한 대도시가 개인용 차량 의존도가 높은 도시보다 1인당 탄소 배출을 줄이는 데 유리할 수 있다. 토지 이용 측면에서는 압축된 토지 이용으로 개발 면적을 제한하고 녹지를 보존하는 방식이 저밀도로 넓은 면적을 개발하는 방식보다 탄소 흡수원을 확보하는 데 유리하다.

따라서 에너지 효율을 높여 탄소 배출을 줄이기 위해 도시 지역은 고밀도 복합용도 지역으로 개발해야 한다. 대중교통과 에너지를 효과적으로 제공할 수 있는 적정 밀도를 달성하고, 압축적인 토지 이용과 직주근접을 위한 합리적 기능 배분을 통해 전반적인 이동 수요를 줄이는 도시 구조를 확보해야 한다. 도시의 기본적인 서비스를 효과적으로 제공할 수 있는 적정 밀도는 공공이 제공해야 하는 기본 인프라 공급의 효율성을 확보함과 동시에, 민간의 상업과 문화활동이 이루어질 수 있는 충분한 시장을 구성하는 데 유리하다. 또한 서로 상충하지 않는 도시 기능은 혼합함으로써 활동의 밀도를 높이고 다양성을 확보해야 한다. 주거, 상업, 문화, 그리고 생산 기능까지 적절한 혼합을 이룸으로써 불필요한 이동을 줄이고 다양성이 충돌하면서 생기는 시너지 효과를 유도해야 한다.

또한 교통 시스템은 도시 내외의 이동을 위한 다양한 교통수단이 공존할 수 있도록 만들어져야 한다. 현대 도시에서 개인 승용차의 이용을 완전히 배제할 수는 없다. 그러나 압축된 도시 형태는 친환경 교통수단으로 구분되는 대중교통, 개인 이동수단, 보행의 활동성을 높여준다. 따라서 적절한 밀도와 교통망 계획을 통해 친환경 교통수단 활용을 유도하여 개인 승용차의 이용을 줄여나가야 한다.

이를 위해서는 교통 시스템 계획과 생활권 계획이 조화를 이루어야 한다. 기본적인 생활에 필요한 생활 인프라는 보행 거리 내에 확보하는 생활 공간이 조성되어야 한다. 일반적으로 400m(1/4mile) 이내의 거리를 보행권으로 볼 수 있다. 일반 성인이 400m를 걷는 데 평균 15분 정도가 걸리며, 성인 대부분은 이 정도의 거리는 큰 부담 없이 걸을 수 있다. 이 때문에 TOD나 파리 15분 도시 등에서 400m 혹은 15분을 중요한 기준으로 삼는다. 이 생활권 내에 충분한 생활 인프라를 조성하여 보행과 개인 이동수단 중심의 환경을 조성하고, 생활권 간 이동을 위한 도로망과 대중교통수단이 제공되어야 할 것이다.

생활권 내에 활력 있는 환경을 만들기 위해서는 보행 위주의 거리가 조성되어야 한다. 보행 위주의 거리라고 해서 반드시 보행 전용일 필요는 없다. 오히려 사람들의 활동을 위한 충분한 공간을 확보하고, 사람들이 많이 이용하는 상업과 문화 등의 용도를 건물 저층부에 배치하며 거리와의 연계성과 개방성을 확보하는 일이 무엇보다 중요하다. 이와 더불어 특색 있는 가로의 경관을 만드는 건축, 보행로, 녹지 등의 조화가 이루어져야 한다.

또한 도시의 녹지를 보존하여 개발 지역과 조화를 이루는 녹지를 탄소 흡수의 자원으로 활용하여 지속가능한 탄소중립도시로의 전환에 이바지해야 할 것이다. 기존의 자연을 존중하고 그린 인프라로 바꾸어 나가고, 도시는 자연이 우리에게 주는 어메니티를 활용하는 방식으로 개발하고 성장해 나가야 한다. 보스턴 성장의 주요 축으로 역할을 한 선형공원 시스템 **Emerald Necklace**은 도시공원의 역할에 중요한 시사점을 준다.

지속가능한 스마트시티

지속가능한 스마트시티는 기술보다는 사람을 중심으로 계획되어야 한다. 스마트 서비스는 추가적인 기술과 시설을 도입해야 하며, 장기적인 유지관리가 필수적으로 요구된다. 따라서 무엇을 위해 스마트 서비스가 도입되어야 하는가에 대한 고민이 선행되어야 하며, 도입된 서비스의 성과에 대한 지속적인 관리가 필요하다. 이를 위해 지속가능한 스마트시티의 KPI(Key Performance Indicator) 설정을 통해 장기적으로 스마트시티가 시민에게 제공할 수 있는 환경의 목표 수준을 설정하고 정기적인 평가와 보완이 이루어져야 한다. 따라서 스마트시티 만들기에는 지속가능한 도시 환경을 위한 장기적인 관리 방안이 포함되어야 한다.

스마트시티가 추구하는 기후변화 대응과 생태적 지속가능성을 고려할 때, 도시에서 우선하여 고려할 스마트 서비스의 목표는 탄소제로 에너지 자립으로 볼 수 있다. 이미 개별 건축물 단위에서는 제로 에너지 인증을 받은 주거, 업무, 공장 건축물 등이 지어졌다. 스마트시티에서는 도시 단위의 에너지 생산과 소모 시뮬레이션을 통해 장기적인 에너지 공급과 관리계획이 수립되어야 하며, 도시 단위의 재생에너지 공급과 스마트 그리드 계획을 통해 신 에너지의 경제적 지속가능성을 확보하는 방안을 마련해야 할 것이다.

현재 세계적으로 다양한 스마트시티 서비스가 개발되고 시도되고 있지만, 지속가능한 스마트 서비스를 위해서는 스마트 산업생태계가 구축되어야 한다. 국가의 지원을 통해서만 유지될 수 있는 스마트시티

서비스는 장기적으로 유지하기 어렵다. 지원을 통해 유지할 수 있는 서비스는 세금을 투입하더라도 시민에게 꼭 필요한 공공적 성격이 강한 분야에 한정된다. 다양한 스마트시티 서비스의 정착이 이루어지려면 스마트 서비스 혁신이 시장에 수용되어 민간의 참여가 활발히 이루어지는 자율적 생태계가 만들어져야 한다. 공공은 민간을 지원하기 위한 인센티브와 도시 인프라를 제공함으로써 혁신을 유도할 수 있을 것이다.

이러한 산업생태계가 이루어져야 장기적으로 스마트 정원도시에 사람이 모일 수 있다. 산업이 없는 도시는 아무리 좋은 환경을 가지고 있더라도 베드타운일 수밖에 없다. 스마트 정원도시는 먼저 저탄소 녹색성장 관련 산업을 유치하여, 이에 종사하는 그린칼라 일자리 창출을 유도해야 한다. 장기적으로 다양한 기존 산업에서 친환경적 기능으로의 전환을 추구하는 기업의 유치를 통해 그린산업 생태계를 선도해 나가야 할 것이다. 이를 통해 스마트시티가 기후변화와 코로나로 위기를 겪고 있는 현 상황에서 도시의 패러다임을 바꾸고 새로운 도시개발의 모델을 제시하길 바란다.

| References |

1. 환경부A. 2050 탄소중립 시나리오를 소개합니다. (<http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?jsessionid=Qh2lJP-56mmEZlF5eIzgdIQA-.mehome1?menuId=10392&boardMasterId=713&boardId=1484940>)
2. 환경부B. 2050 탄소중립을 위한 이정표 마련. (<https://me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1483250&menuId=10525>)
3. IEA (2012). World Energy Outlook 2012. Paris: International Energy Agency. Available online at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2012> (accessed April 10, 2021)
4. Wei Ting, Wu Junliang, Chen Shaoqing. Keeping Track of Greenhouse Gas Emission Reduction Progress and Targets in 167 Cities Worldwide. *Frontiers in Sustainable Cities*. 2021
5. Suzanna Burgelman. Just 25 mega-cities produce 52% of the world's urban greenhouse gas emissions. *Frontiers Science News*. (<https://blog.frontiersin.org/2021/07/12/just-25-mega-cities-produce-52-of-the-worlds-urban-greenhouse-gas-emissions/#:~:text=The%20study%20shows%20that%20just,emissions%20from%20the%20studied%20cities.&text=A%20new%20study%20published%20in,major%20cities%20around%20the%20world.>)
6. Daniel Moran. Global Gridded Model of Carbon Footprints (GGMCF). NTNU: Norwegian University of Science and Technology. (<https://www.citycarbonfootprints.info/>)

The Future After Digital Transformation Smart City Trends in 2023

디지털 전환 이후 미래 2023 스마트시티 동향

이정훈 이재혁

Lee, Junghoon
Lee, Jaehyeok



현재 연세대 정보대학원 교수, 디지털전환DT 기술센터장으로 재직하고 있다. 대표적인 스마트시티 전문가로 국내외에서 스마트시티 인덱스 개발 및 시민참여·리빙랩 연구를 선도하고 있다. 서울시 스마트시티위원회 위원장·위원, 공공데이터 개방·활용 전문위원회 위원장, 공공 데이터 전략실문위원회 위원, 국토교통부의 국가 스마트도시위원회 위원으로 활동하며 국내 지자체와 스마트시티 관련 기관 등에도 자문하고 있다.

jhoonlee@younsei.ac.kr

이재혁은 스마트시티 리빙랩 전문가이다. 국내외 스마트시티에서 운영되는 리빙랩 현황 조사를 기반으로 방향성 및 기획·운영을 하고 있으며 국내 지자체들과 지역 문제 해결을 위한 리빙랩도 다수 참여하였다. 정기적으로 발간되는 Smart Cities Index Report에도 참여하고 있으며 도시 혁신 생태계가 어떻게 조성되고 어떻게 발전되는지, 데이터 관점에서 시민참여는 어떻게 형성되고 참여하는지에 대한 부문을 담당하고 있다. 현재도 국내 지자체들과 리빙랩 운영에 참여하고 있으며 지역 내 스마트 서비스 실증의 고도화 및 시민참여 활성화 방안을 연구 중이다.

hyeok21@gmail.com

● 초록 ●

세계 각국의 도시에서는 지난 2년간 팬데믹 이후 도시의 회복성(Urban Resilience)에 집중하며 예전의 생활 방식으로 돌아가기 위한 노력을 하고 있다. 동시에 인공지능, 드론, 로봇, 메타버스 등 새로운 기술 기반의 서비스들이 발전하면서 다양한 도시 공간에 나타나고 스마트시티로의 전환이 가속화되고 있는 추세이다.

본고에서는 스마트시티 구현을 위해 디지털 전환 시대 및 새로운 대내외 환경에 대비하여 향후 세계 스마트 시티들은 정책적으로 어떠한 방향으로 나아가고 있는지, 주요 특징은 무엇인지 스마트시티 인덱스 자료를 기반으로 논하고자 한다. 그중 대표적인 동향으로 분석된 것이 첫째, 도시 내 전 계층의 디지털 격차를 감소시키기 위한 시민 중심의 디지털 포용 정책 및 서비스들에 대한 내용 소개, 둘째, 도시의 회복 탄력성 관점에서 어떻게 극복하고 대응하고 있는지 데이터 기반 정책 및 서비스들을 추진하는 ‘스마트 리질리언스 등장’에 대한 소개, 셋째, 도시 내 지능화 기술 및 혁신성 관점에서 어떻게 다양한 영역들에서 협력을 진행하고 상호 발전하기 위한 도시 지능화 및 혁신성의 ‘민주화’에 대한 내용 소개, 마지막 넷째, 최근 부상하고 있는 가상현실의 기술들은 어떤 주요 요소로 있으며 이 요소들 간에도 어떤 융합 및 발전 형태가 이어져 오므로써 추진되고 있는지 메타트윈 트랜스포메이션을 통한 ‘City Logging’ 대두의 개념에 대한 소개가 있다. 그리고 대표적인 이슈들을 통해 향후 스마트시티의 발전 방향에 대한 논의를 진행하고자 한다.

키워드

스마트시티 인덱스, 디지털 전환, 도시 회복성, 디지털 포용, 혁신성, 도시 지능화

● ABSTRACT ●

Urban resilience has attracted great attention from cities around the globe over the past two years in the post-pandemic period as they try to return to the old way of living. At the same time, services based on new technologies such as Artificial Intelligence, drones, robots, and Metaverse have emerged in different parts of urban spaces, accelerating the transition to smart cities.

This paper will look into in which direction smart cities around the world are heading from a policy perspective in preparation for the era of digital transformation and faced by the new internal and external environment and what are their main characteristics based on smart cities index data. Main trends discussed in this paper are: first, citizen-centric digital inclusion policies and services to narrow down the digital divide between different classes of society, second, emergence of Smart Resilience, an approach designed to implement data-based policies and services as to how to overcome and respond from a perspective of urban resilience, third, urban intelligence and democratization of innovation to cooperate in different areas and advance together from a view point of intelligent technology and innovativeness in the city, and lastly, the emerging concept of City Logging through Meta - Twin transformation, what are the key elements of new, emerging virtual reality technology and how these elements have converged and developed. In addition, main issues will be discussed to shed light on the way forward for smart cities.

KEYWORDS

Smart cities index, Digital transformation, Urban resilience, Digital inclusion and innovativeness, Urban intelligence

스마트시티 인덱스 보고서 역사

연세대 DT(Digital Transformation) 기술경영센터·Isi(Information Systems Intelligence Lab)에서는 2017년을 시작으로 2년 주기로 글로벌 스마트시티의 전반적인 현황을 파악할 수 있는 보고서를 발간하고 있다. 가장 최신본인 ‘Smart Cities Index Report 2022’는 영국 케임브리지대의 ‘fM Engage’와 함께한 3rd Edition으로 서울을 포함한 글로벌 주요 31개 도시를 대상으로 스마트시티 전략·정책에서부터 이를 통해 구현되는 다양한 스마트시티 서비스·인프라·혁신 프로젝트 등을 조사·분석하였다. 조사된 31개 도시의 1,489개 앱·웹 서비스, 514개 스마트 인프라 기반의 서비스, 1,088개의 스마트시티 관련 혁신 프로젝트, 206개의 리빙랩 및 현재 도시에서 개방되고 있는 5만 2,338데이터셋을 대상으로 ‘서비스 혁신성’, ‘도시 개방성’, ‘도시 혁신성’, ‘협력적 파트너십’, ‘도시의 지능화’, ‘도시의 지속가능성’, ‘인프라 통합성’, ‘스마트시티 거버넌스’ 총 8가지 관점에서 분야별 인덱스 지표를 기반으로 분석하였다.



그림 1. 연도별 스마트시티 보고서

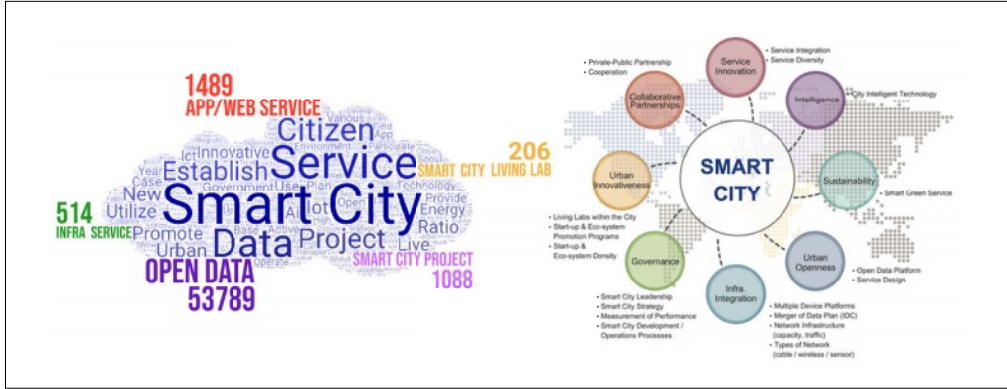


그림 2. 2022년 워드 클라우드 결과와 스마트시티 8가지 관점

스마트시티 주요 동향

세계 각국의 스마트시티들은 디지털 전환 그리고 새롭게 부상하는 대내외 환경 변화에 적응하기 위한 다양한 정책 및 서비스들을 추진 중이며 4가지 트렌드로 첫째, 시민 중심의 디지털 포용, 둘째, 데이터 기반의 ‘스마트 리질리언스’, 셋째, 도시 지능화의 ‘민주화’, 넷째, 메타트윈 트랜스포메이션의 ‘City Logging’이 있다.

Trend 1: 시민 중심의 디지털 포용

디지털 포용이란 전 계층의 사용자가 디지털 기기와 디지털 서비스의 활용을 어느 상황에서나 접근할 수 있고, 동시에 디지털 역량을 함양하여 삶의 질을 향상시킬 수 있는 개념이다. 스마트시티에서는 디지털 포용 관련 서비스를 지속적으로 추진 중이며 전 계층을 대상으로 하면서도 고령층, 장애인, 저소득층 등 취약계층과 더불어 도시를 이끌 수 있는 청년 계층에 다양하게 접근 중이다. 서비스의 주요 목적으로는 디지털 접근성, 디지털 기기 제공, 사회적 약자 보호, 교육 기회 제공이 있다. 유럽 도시들은 대체로 사회적 약자 보호 및 디지털 역량을 키우기 위한 교육 목적의 서비스들이 추진 중이다. 스페인 바르셀로나에서는 시각장애인을 위한 앱 서비스인 NaviLens & ddTags를 통해 대중교통 지점에서 QR 체크를 통해 음성 안내를 제공해 주고 있다. 그리고 핀란드 헬싱키에서는 Digital Counseling을 통해

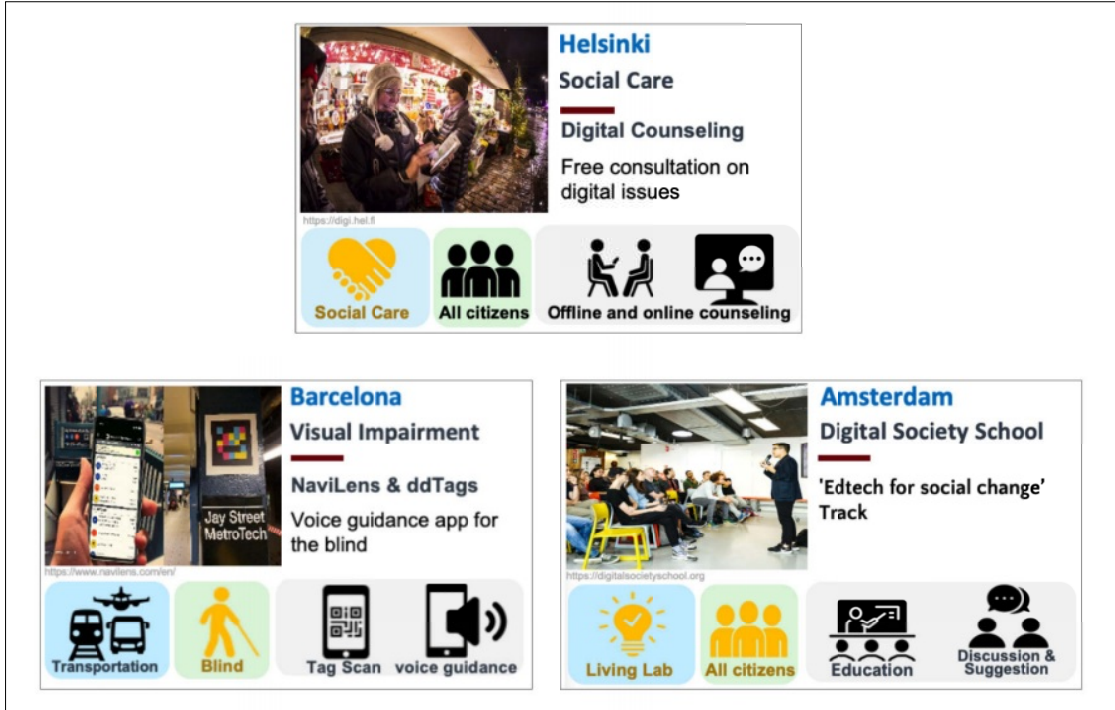


그림 3. 유럽의 디지털 포용 서비스

전 계층을 대상으로 디지털 이슈들을 해결해 주고 온·오프라인 상담을 제공해 주고 있다. 네덜란드 암스테르담에서는 Digital Society School 운영을 통해 시민들이 디지털 변환 과정에서 역량을 갖추기 위한 다양한 교육프로그램을 제공하고, 사회적 이슈를 해결하는 세션들 또한 운영하고 있다.

Trend 2: 데이터 기반의 스마트 리질리언스 모델 등장

앞서 서두에서 언급한 도시의 회복성(리질리언스)은 도시가 대내외 변화 또는 충격으로부터 탄력적으로 대응하고 재기 또는 재건할 수 있는 능력을 의미한다. 도시 회복성에서 중요한 개념으로는 예방 및 대응/회복이 있으며, 예방 또는 대응/회복을 위한 정책 및 서비스들이 다양하게 통합 운영된다. 추진 분야로는 신재생 에너지 확보, 사회적 및 자연 재난 방지, 도시 서비스 접근성, 도시 녹지 재건, 도시 거버넌스 등이 있다. 각 분야의 서비스들을 데이터 기반의 예측 시스템을 통해 예방 및 대응/회복을

하고 있는 추세이고 약 51% 이상이 IoT, 빅데이터를 활용하고 있으며 41%가 AI, 가상현실 기술을 활용하고 있다.

중요 사례를 들면, 3년 전 세계적으로 이슈가 되었던 호주의 대형 산불 사태의 경우 지속적인 국가 재난 문제로 주정부에서는 매년 메인 이슈로 간주하고 있었다. 이에 따라 호주 연방과학산업연구소CSIRO는 남동부 지역 도시들을 대상으로 산불에 대응하기 위한 정책 및 서비스를 추진 중이다. 도시 인근 산맥 주요 지점에 센서가 장착된 핫스팟Hotspot을 고르게 분포하여 사전에 산불 징후를 포착하고 데이터화시킨 이후 지속적으로 모니터링함으로써 이에 대응하기 위한 방안을 연구 중이다. 미국의 캘리포니아 또한 지리적 특성으로 지진이 빈번하게 발생하는 지역으로, 주정부의 도시들은 지진에 대응하기 위한 스마트 서비스들을 추진하고 있었다. MyShake 앱은 지진 데이터를 기반으로 시민들에게 지진 경보를 알려주는 서비스이다. LA타임스LA Times는 Quakebot이라는 인공지능 시스템을 통해 지진 발생 시 신속하게 기사를 작성하여 대중에게 전달하는 서비스를 2014년에 처음 추진하였다.

국내 또한 대구 및 부산을 중심으로 홍수에 대비하기 위한 강우량 예측 시스템을 통해 실시간으로 모니터링한 후 위험 수준에 도달 시 정보 전파를 통해 시민의 안전을 보호하고 있는 실정이다.

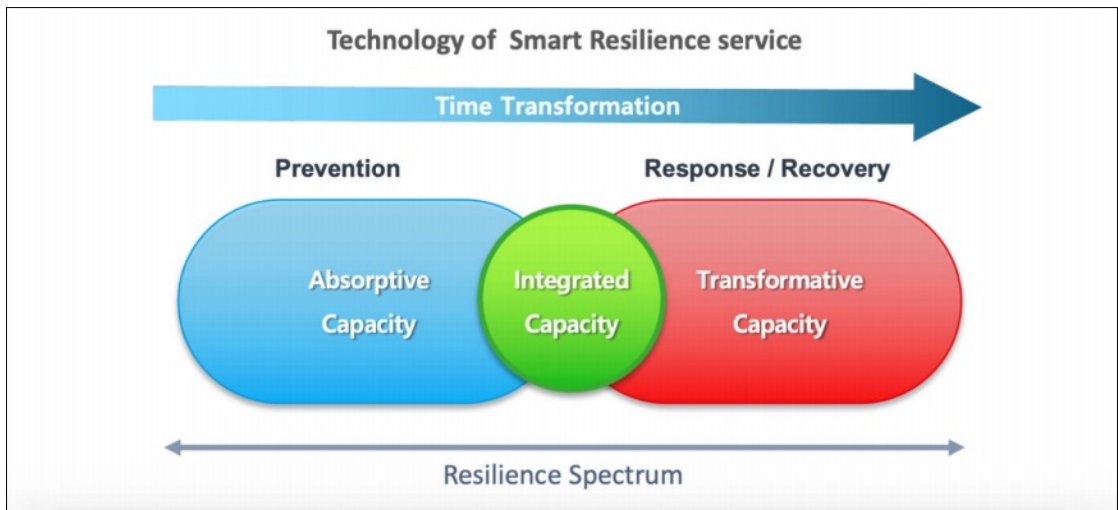


그림 4. 스마트 리질리언스 모델 개념

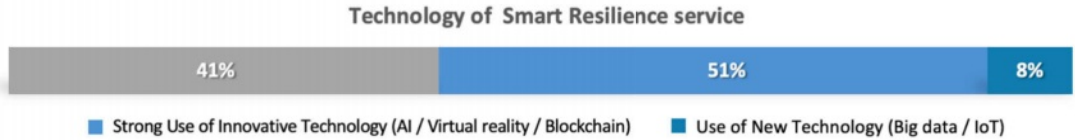


그림 5. 스마트 리질리언스 서비스의 기술 분포도

Trend 3: 도시 지능화 및 혁신성의 ‘민주화’

스마트시티에서 지능화 및 혁신성의 역량은 공공·민간에서 운영하는 프로젝트에 의해, 그리고 리빙랩을 중심으로 한 시민 주도 프로젝트들이 도시의 경쟁력을 강화시키고 있다. 이처럼 다양한 영역에서 프로젝트들이 주체가 되어 추진됨과 동시에 새로운 지능화 기술들을 실증하고 도시의 삶의 질을 높일 수 있는 방안을 공동으로 협력하여 모색 중이다. 전체 스마트시티 프로젝트 중에서 약 30% 가까이가 혁신적인 프로젝트로 일자리 창출, ICT R&D/비즈니스 모델, 클러스터 조성을 위한 목적으로 운영되며 50.3%가 기업 주도, 49.7%가 리빙랩 주도로 균등하게 추진되고 있다. 이 중에서도 65%가 AI, 블록체인, 가상현실, 22%가 빅데이터, IoT 기술들을 실증 중에 있다. 주요 도시 사례로 헬싱키에서는 Kalasatama 테스트 베드를 중심으로 Nordic district innovation Labs를 운영하여 ‘Green Kalasatama’ 프로젝트를 실행 중이며 친환경적인 생태계를 조성하기 위한 노력을 기울이고 있다. 이 과정에서 시민들과 함께 AR 기술을 활용하여 교육 콘텐츠 개발, 새롭게 조성될 공간 체험 그리고 시민을 주도한 다양한 관계자들이 함께 의견을 공유하는 주기적인 워크숍이 운영되고 있다.

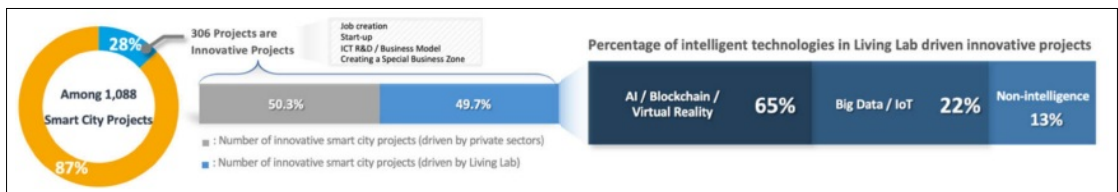


그림 6. 스마트시티 프로젝트 현황 및 리빙랩 내 기술 활용도



그림 7. 헬싱키의 도시 지능화에서 민주화 사례

Trend 4: 메타트윈 트랜스포메이션을 통한 ‘City Logging’ 대두

최근 스마트시티에서는 가상현실 기술 기반의 메타버스 및 디지털 트윈을 통해 현실에서 발생할 수 있는 상황을 컴퓨터로 시뮬레이션함으로써 도시에 어떤 변화가 일어나고 어떤 효과가 나타날 수 있는지 미리 예측하여 효과적으로 정책을 추진하고 운영 중이다. 이 과정에서 도시 데이터를 어떻게 저장 및 활용하는 것이 중요한지에 대한 논의와 함께 ICT 기반의 인프라 요소, 데이터 인프라 요소, 데이터 활용 요소들의 조화가 도시별로 상이하게 운영되고 있다. ICT 기반의 인프라 요소로 공공 와이파이 보급 및 범위, 모바일 네트워크, 데이터 인프라 요소로 공공 클라우드, 오픈 데이터 포털, 데이터 활용 요소로 메타버스 및 디지털 트윈 기술이 있다.

싱가포르와 바르셀로나는 디지털 트윈을 활용하여 도시 전반적인 경관을 만들기 위해 지속적으로 데이터를 수집하고 계획 중에 있으며 서울과 두바이는 메타버스 기술을 활용하여 스마트 오피스 및 관광 랜드마크를 개발하여 새로운 공간 가치를 창출 중이다. 이처럼 도시들은 메타트윈 기술을 다양한 환경 속에 적용함으로써 향후 도시 전체가 온·오프라인 상황에서 연결되고 데이터의 원활한 이동을 통해 도시가 효과적으로 발전할 수 있는 ‘City-Logging’ 개념이 성립되어 관련 서비스들이 등장할 것이다.

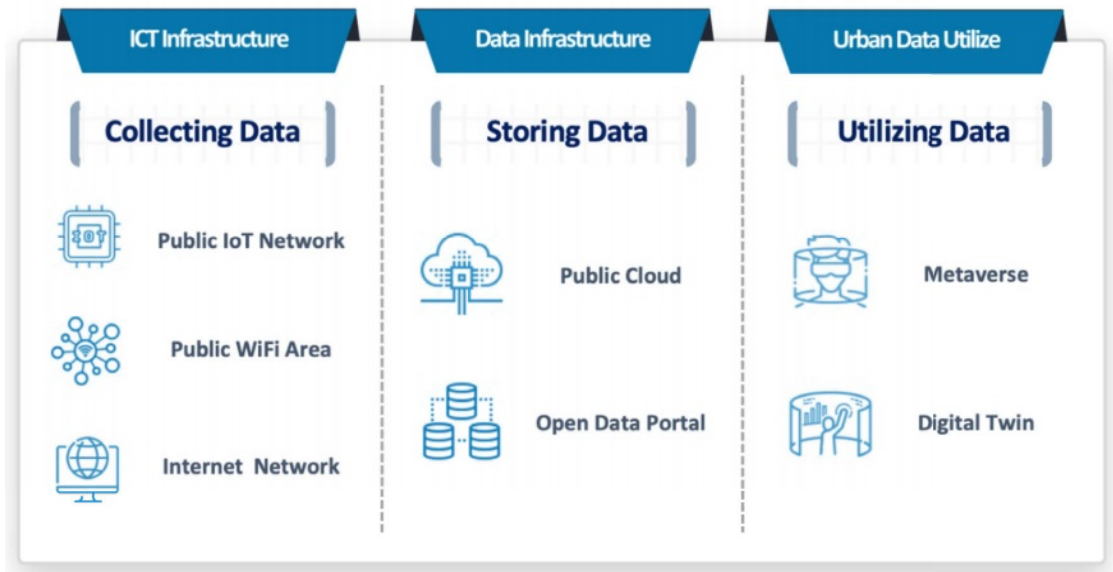


그림 8. 메타트윈 기술의 핵심 요소

소결: 스마트시티 플랫폼으로서 지속적인 진화

최근 스마트시티의 동향에 따르면 디지털 전환, 기후변화를 비롯한 대내외적인 변화로 인하여 스마트 서비스들은 기존보다 한층 더 발전되는 형태로 추진되고 있다. 특히 기존의 기술들이 실증 과정에서 더 나아가 상용화될 수 있게 안정적인 기반을 마련하고자 다양한 영역에서의 협력 및 융합, 그리고 시민들이 주요 사용자로 보급될 수 있게 정책적인 측면에서 노력 중이다. 지능화 기술이 도시에서 핵심 요소로서 운영되고 이 기술들이 새로운 혁신 가치를 창출될 수 있게끔 실증할 수 있는 테스트베드의 확장이 필요할 것이다. 그리고 도시의 전 계층이 소외되지 않고 보편적으로 이를 이용할 수 있는 접근성이 마련되어야 한다. 마지막으로 각 도시들이 로컬적으로 가지고 있는 이 노하우를 공유하고 협력해야만 스마트시티 생태계가 지속적으로 발전하고 새로운 시대에 시민들의 삶의 질을 높일 수 있는 방안이라고 볼 수 있다.

| References |

1. 이정훈 외, '스마트시티 인덱스 보고서 2022', 연세대학교 융합기술원 DT기술경영센터, 2022
2. 바르셀로나 디지털 포용 서비스 관련 사이트 <https://www.navilens.com/en/>
3. 바르셀로나 디지털 포용 서비스 관련 사이트 <https://digitalsocietyschool.org>
4. 헬싱키 디지털 포용 서비스 관련 사이트 <https://digi.hel.fi>
5. 헬싱키 도시 지능화 민주화 <https://bgreen-project.eu/b-green-builds-greener-helsinki/>

발행인 이원재, 박승기 발행일 2023.2.28. 발행처 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원

- 편집위원회 -

위원장 | 김종학·국토교통과학기술진흥원 부원장 부위원장 | 윤영중·국토교통부 도시경제과 과장
위원 | 송재민·서울대학교 노은화·서울시 정책수출사업단
김경훈·KT 유영환·세종대학교 이정우·중앙대학교

문의처 국토교통과학기술진흥원 스마트시티산업지원센터(e-mail: initiative@kaia.re.kr)

홈페이지 www.kaia.re.kr

기획·디자인·제작 (주)에코마이스

e-ISBN 979-11-92252-08-7 (95540)

※본 전문지는 스마트시티와 관련된 미래 이슈 및 글로벌 어젠다를 다루는
“SMART CITY TOP Agenda - Smart City Global Journal 2023”의 한국어 판입니다.
전문지에 수록된 내용은 필자 개인의 견해이며,
국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.

스마트시티 글로벌 저널 2023

스마트시티의 미래 어젠다를 발굴하고
글로벌 리더십으로 내일의 도시를 만듭니다.



KAIA 국토교통
과학기술진흥원

14066 경기도 안양시 동안구 시민대로 2 86 [관양동1600] 송백빌딩 2~7F, 9F
<https://www.kaia.re.kr>



95540

ISBN 979-11-92252-08-7 (PDF)