ETRI Insight
Insight Report 2019-36

국가지능화 특집

인공지능(AI) 기반 스마트시티 도입을 위한 추진과제

민수진 ● sjmin@etri.re.kr
김주성 ● juskim@etri.re.kr
박광만 ● gwangman@etri.re.kr
기술정책연구본부

인공지능(AI)을 활용한 스마트시티 솔루션은 도시 서비스를 자율화·지능화함으로써 도시 운영의 복잡성을 감소시키고 효과성을 개선할 것으로 기대된다. 이러한 전망에 따라 주요국들은 경쟁력 제고 및 도시문제 해결을 위해 스마트시티를 추진하고 있다. 미국, 중국, 싱가포르 등 선도국에서는 AI가 도시 데이터 분석 후 최적화 솔루션을 도출하거나, 도시문제 발생을 예측하거나, 스스로 목표객체를 인식하여 시스템에 정보를 제공하거나, 자연어 처리 및 로봇 기술 등을 통해 경찰, 공무원 등 사람의 업무를 자동화하는 등 다양한 방식으로 도입되고 있다. 이러한 AI 기반 스마트시티를 도입하기 위해서는 다양한 환경에서 수집된 대규모 데이터 확보와 AI 역량 강화가 핵심적이다. 이를 위해서는 우선 도시 기능간 데이터 연계 및 표준화, 프라이버시 및 보안 문제 해결 등의 과제가 해결되어야 한다. 나아가 스마트시티의 실효성을 확보하기 위한 도시 콘텐츠에 기반을 둔 정체성과 목표 확립, 서비스 개발과정에서의 시민참여, 도시 서비스 분야별 특성에 따른 혁신 방법 차별화가 이루어져야 할 것이다.

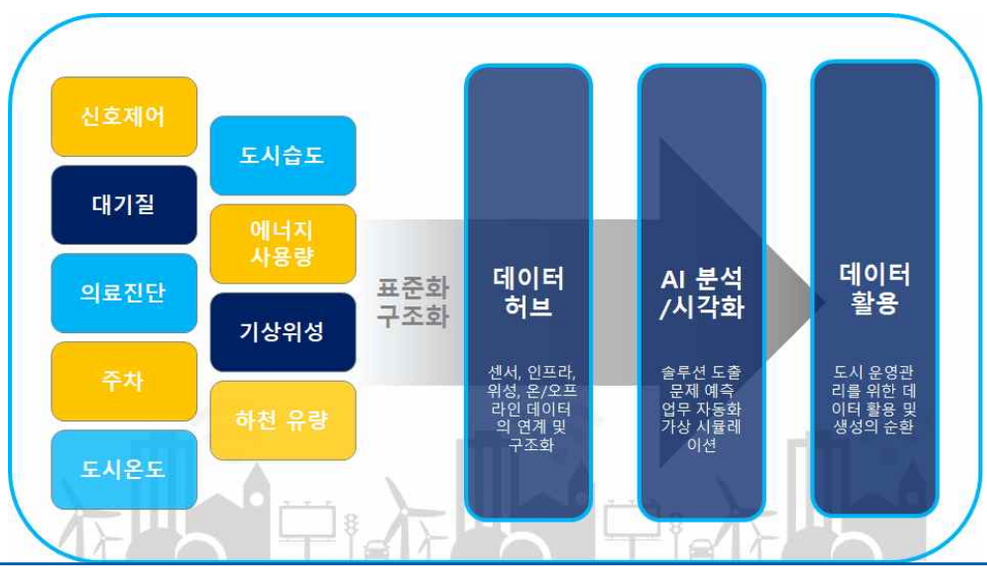
* 본 보고서의 내용은 연구자의 견해이며 ETRI의 공식 의견이 아님을 알려드립니다.

1 AI 기반 스마트시티의 개념

인공지능(AI) 기술이 적용되는 스마트시티 솔루션은 도시 데이터를 기반으로 구현된다. 스마트시티를 추진하는 도시는 데이터를 수집하고 연결하기 위해서 인프라를 구축하고, 데이터를 AI 알고리즘으로 분석하여 서비스를 제공한다. 따라서 AI 기반 스마트시티는 도시 데이터를 AI 알고리즘에 학습시켜 도시 자원의 생산성을 높이고 시민의 삶의 질을 높이는 도시로 정의될 수 있다.

AI 기반 스마트시티의 핵심은 교통, 환경, 의료, 에너지 등 다양한 분야의 데이터를 구조화하고 연계하여 분석하고 이를 활용하여 도시·생활 문제를 실질적으로 해결하는데 있다. AI가 중심이 되는 스마트시티는 정보화에서 멈추지 않고 분야별로 산재되어 있는 데이터를 통합한 후 다양한 지능정보기술을 활용하여 분석하게 된다. AI는 도시의 교통혼잡, 범죄, 사고, 오염 등 각종 문제를 스스로 예측하고 이를 해결하기 위한 솔루션을 도출하거나, 또는 민원상담 등 도시 서비스 업무를 스스로 알아서 처리할 수 있다. AI 기반 스마트시티에서는 도시에서 발생한 모든 데이터가 데이터 허브에 축적되고 분석과 서비스에 활용되면서 지능화된 관리와 운영이 가능해질 것이다.[1)]

그림 1 AI 기반 스마트시티의 운영 흐름



2 AI 기반 스마트시티의 중요성

각국 정부는 제4차산업혁명 시대의 경쟁력 제고와 도시문제 해결을 위한 대안으로 스마

1) KPMG(2019), 데이터 중심의 도시 운영: Data-Driven 스마트시티를 주목하라, Issue Monitor.

트시티에 주목하고 있다. 이에 따라 세계적으로 약 180여개 도시에서 250여개의 프로젝트를 추진하고 있으며 투자 및 R&D가 촉진되면서 관련 시장이 빠른 성장세를 보이고 있다. 세계 스마트시티 시장은 2018년에 3,080억 달러 규모에서 연평균 18%의 성장률을 보이며 2023년에는 7,170억 달러 규모로 성장할 전망이다.[2] 특히 스마트시티를 구축하기 위한 AI 및 IoT 서비스 시장은 유관 산업으로의 확장 가능성이 매우 높아 미래 성장 산업으로 주목된다.

사회문제 차원에서도 도시에서의 주거, 교통, 환경오염 등 복합적인 문제들이 사회경제적 비용을 초래하고 도시 기능의 효과성을 저해하고 있어 스마트시티 도입에 대한 필요성은 꾸준히 제기되어 왔다. 이와 관련하여 스마트시티에서 AI의 활용은 도시 운영 방식을 크게 변화시킬 수 있다는 점에서 특히 주목할 필요가 있다. AI 기술은 방대한 데이터를 통해 사람과 유사한 방식으로 학습함으로써 기존의 기계와 로봇이 자동화하지 못했던 영역을 자동화한다. 스마트시티 도입 초기에는 데이터의 수집과 분석 자체만으로도 문제를 어느 정도 개선할 수 있으나, 향후 기술이 고도화됨에 따라 교통, 에너지, 보건, 교육, 행정 등 다양한 분야에 광범위하게 적용될 것이므로 AI의 파급효과는 더욱 증대될 것으로 예상된다.

3 AI 기반 스마트시티 서비스의 도입사례

AI는 교통과 에너지, 의료, 쓰레기 관리, 행정/민원 등 도시 생활의 곳곳에 스며들고 있다. 특히 도시 문제와 관련된 데이터를 종합적으로 분석하여 솔루션을 제공하는 AI 서비스는 교통, 에너지, 대기오염, 주택관리, 물관리, 방범, 재난 등 매우 다양한 분야에서 도입되고 있다. 컴퓨터 비전 등 인식을 위한 AI는 교통량 분석, 자율주행 환경 인식, 응급환자 식별, 생활 폐기물 처리 등에 적용되고 있다. 그 밖에도 AI는 자연어처리를 통한 민원상담 서비스 자동화, 가상화된 도시의 다양한 환경과 상황을 시뮬레이션하여 각종 솔루션을 도출하는 등 행정, 도시계획과 같은 분야에서도 활용되고 있다 (표 1 참조).

표 1 AI 기반 스마트시티 서비스 제공 사례

구분	서비스 분야	사례 국가/지역	AI 도입 목적	AI 도입 현황
솔루션/예측	교통시스템	중국 항저우	교통체증 감소	신호체계에 AI를 도입하여 교차로 통행시간 약 15% 감축 및 주요 고가도로 통행시간 5분 단축 (CCTV 실시간 영상 분석 기반)
	대기오염 관리	중국 베이징	대기 오염도 예측	도시 빌딩, 전신주 등의 센서 및 위성 데이터 등 다양한 데이터를 분석하여 대기 오염원과 이동 정보를 예측하는 모델링 도입

2) Marketsandmarkets(2018), Smart Cities Market: Global Forecast to 2023.

	재생에너지	미국 (IBM)	신재생에너지 생산 효율 향상	IBM 왓슨이 기상정보를 15분 간격으로 분석하여 일사량, 풍속, 온도 등을 예측하고 재생에너지 가용범위, 발전기 가동여부 판단
	주택관리	미국 오하이오	방문 실태조사를 보완하기 위한 주택상태 예측	신시내티 지역을 대상으로 AI 알고리즘 개발(불법건축물 가능성, 점검 및 조치필요 여부 등을 예측)
	물관리	스페인 바르셀로나	지구 온난화로 심화되는 물 부족 문제 해결	센서로 용수 및 토지 현황 데이터를 수집하고 AI로 분석하여 도시 공원, 농장 등의 효율적 용수 관리 시스템 구축하여 용수 보존율 25% 개선
	방범	미국 시카고	범죄 예측	시간, 계절, 날씨, 지역경제, 과거 범죄 데이터를 AI로 분석해 범죄발생가능성이 높은 지역에 경찰을 배치하고 순찰 강화
	재난	EU	기후변화로 인한 홍수위험 완화	실시간 수위 및 유량 데이터를 수집하고 AI로 분석하여 홍수 위험을 진단하는 시스템 개발 (포르투갈, 프랑스 실증사업)
AI 인식	모빌리티	미국 애리조나	인간 운전자 대체	세계 최초 무인택시 상용서비스 도입(구글 웨이모)
	헬스케어	미국 보스턴	폐가 수축된 기흉 응급환자 식별	응급실에서 의료 영상인식 분석용 AI로 기흉 응급환자들을 선별하여 의료 서비스 품질 개선
	폐기물 처리	대한민국 서울 (은평구)	대형폐기물 처리 자동화	대형폐기물의 종류/크기를 학습시킨 AI 시스템 도입을 통해 대형폐기물 처리 절차를 대폭 간소화
자연어 처리	민원 서비스	대한민국 경기도	지방세 납부 관련 민원상담 자동화	AI 챗봇을 도입하여 지방세 관련 문의를 365일 24시간 자동으로 답변하는 서비스 제공
디지털 트윈	도시계획	싱가포르	도시계획 및 운영 비용 감소	디지털트윈 기술을 통해 싱가포르 전 국토를 가상현실로 구현하여 시뮬레이션 데이터를 AI에게 학습시켜 도시문제를 예측/예방하고 도시설계에 적용

4 AI 기반 스마트시티 도입을 위한 추진과제

세계 주요국 및 도시들은 도시 데이터와 AI가 가져올 변화를 주목하고 스마트시티를 선도하기 위해 다양한 대책을 마련하고 추진 중에 있다. 미래 스마트시티에서는 다양한 환경에서 수집된 대규모 데이터 확보와 AI 역량강화가 경쟁력의 핵심이 될 것으로 예상된다. 데이터와 AI가 견인하는 스마트시티의 도입을 위해서는 데이터의 연계와 표준화, 프라이버시, 보안 등의 과제들이 먼저 해결되어야 할 것으로 보인다. 나아가 스마트시티의 실효성을 확보하기 위한 도시 콘텐츠 기반의 정체성 확립과 서비스 개발 과정에서의 시민참여, 서비스 분야 특성을 고려한 접근방법이 필요할 것이다.

▮ 스마트시티 데이터의 연계와 표준화

현재 대부분의 도시가 분야별로 데이터를 관리하고 있어 스마트시티의 도입을 어렵게 하고 있다. 도시문제는 교통, 주거, 환경, 에너지 등 다양한 영역의 문제들이 복합적으로 얽혀 있어 개별 분야별로 관리하기보다는 분야 간 유기적인 데이터 연계를 통한 통합 관리가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 도시에 흩어져 있는 기존의 각종 데이터를 AI 알고리즘이 이해할 수 있는 형태로 정리하고 새로운 데이터베이스를 만들어 연계해야 한다.[3] 따라서 AI 기반 스마트시티를 도입하기 위해서는 각 도시 기능마다 개별적으로 관리되는 데이터를 도시 차원에서 정리하고 통합하여 분석에 사용하여야 한다. 이렇게 데이터 표준화 및 구조화 작업이 이루어진 후에 AI가 학습하고 작동할 수 있는 환경이 조성될 수 있다. 또한 스마트시티 데이터의 표준화는 학습데이터의 생성과 AI 성능개선을 위해서 필요하다. 스마트시티 운영을 효율화/자동화하려면 기존에 축적된 데이터(전산화된 정보와 오프라인 정보 포함)와 새로 수집될 데이터의 표준을 정하고 구조화하여 AI 알고리즘이 분석할 수 있는 형태로 정리해야 한다.

▮ 스마트시티 서비스 제공을 위한 프라이버시 보호와 보안 설계

프라이버시 문제는 AI 기반 스마트시티 도입 과정에서 해결되어야만 할 난제 중의 난제이다. 스마트시티 서비스는 기본적으로 수집되는 데이터를 기반으로 제공되기 때문에 개인의 프라이버시가 위협받기 쉽다. 예를 들어 도시에 설치된 CCTV를 활용하여 범죄 예방 솔루션을 개발하는 경우, 데이터의 활용 과정에서 개인의 사생활이 어떻게 보장될 것인가에 대한 문제가 제기된다. 특히 안면데이터의 경우 군중 속에서 특정한 개인을 식별할 수 있다는 점에서 활용도가 높지만 사생활 침해와 관련하여 고려해야할 부분이 상당히 많다.

현재까지는 프라이버시 보호를 위해 개인정보 제공에 동의하는 사람에 한해서 서비스를 제공하는 방안이 가장 일반적으로 사용되고 있다. 하지만 동의 여부를 묻는 것이 사용자에게 실질적인 선택지를 제공하는가에 대한 점은 생각해볼 부분이 있다. 개인정보를 제공하지 않는 사람은 최신 기술이 제공하는 대부분의 서비스를 누릴 수 없기 때문이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 보안 전문가 및 도시 계획자 등 이해관계자들이 문제를 전체적 관점에서 해결하여 스마트시티 네트워크가 원활하게 구축될 수 있게 해야 한다.

나아가, 강건한 스마트시티의 사이버 보안 설계를 마련해야 한다. 도시 시스템의 복잡성 증가, 새로운 인프라의 구축과 제 3자 업체의 참여, 도시 시스템 간 의존도 증가 등은 해킹의 위험도를 높일 것이다.[4] 도시 운영자들은 스마트시티를 도입하는 과정에서 새로운 시스템들이 이러한 위협에서 안전할 수 있도록 강건한 보안 체계를 구축해야한다.

3) 우정훈(2019), 인공지능이 만드는 기업의 미래: AI 사람에게 배우다, 비앤컴즈.
4) Navigant Research(2019), Smart Cities overview.

▮ AI 학습데이터의 과적합(over-fitting) 문제와 신뢰도

AI 서비스 개발 과정에서 학습데이터가 제한적인 경우 발생할 수 있는 과적합 문제도 중요한 이슈이다. 과적합은 제한적인 데이터로 학습한 결과 주어진 학습데이터와 다른 데이터에 대해서는 부정확한 결과가 도출됨을 의미한다. 과적합은 AI가 '과거'의 데이터 또는 '사람'이 수행한 실수를 함께 학습할 때에도 발생할 수 있다.[5] 실제로 스마트시티의 범죄 예측 솔루션의 경우 AI가 흑인과 백인의 재범가능성을 오류 예측하는 등 데이터 편향이 발생하고 있다. 사람이 가진 편견이 신고나 체포기록 등 데이터에 반영되고, 이를 AI가 학습하면서 발생하는 현상이다. 실수와 편견으로 인해 데이터의 신뢰도가 낮아지는 문제는 AI의 생산성 저하 또는 분야에 따라서는 인권과 민주적 가치에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 AI가 윤리적이고 생산적인 방식으로 작동하려면 학습 데이터에 남아 있는 오류와 편견을 사람이 직접 정제하는 작업이 별도로 필요하다. 나아가 최근에는 과적합을 방지하기 위해 인간의 시냅스 구조를 벤치마킹한 '드롭아웃(Dropout)'과 같은 기술이 등장하고 있다. 또한 2018년에는 드롭아웃 자체를 AI가 스스로 수행하는 자동화 단계에 들어섰다. 스마트시티 서비스 과정에서 발생할 수 있는 과적합의 문제는 데이터의 정제와 드롭아웃 기술의 적용 등을 통해 사회적 가치에 적합한 방향으로 해결될 수 있어야 한다.

▮ 검증된 스마트시티 솔루션의 확산

최근 국내에서는 스마트시티 추진 과정에서 지역 간 불균형 문제가 이슈가 되고 있다.[6] 국내에서 추진된 스마트시티 사업들이 여건이 좋은 대도시와 신도시에 집중되었기 때문이다. 물론 현재 단계에서는 새로운 도시모델의 실증이 주요 과제이므로 모든 지역에서 스마트시티를 동시에 추진하기는 현실적으로 어려움이 있다. 그러나 장기적으로 접근하였을 때 국내의 높은 도시화율과 빠른 고령화 속도를 고려하면 정부가 주도하는 신도시형 스마트시티 정책의 한계가 오는 시점이 있을 것이다. 따라서 향후에는 기존도시의 재생과 활성화가 스마트시티 정책의 주요 과제가 될 가능성이 높다. 이를 대비하여 개별적인 신도시 구축보다는 실증이 완료된 솔루션의 확산과 도시 간 솔루션 연계에 대한 논의가 지금보다 구체적이고 적극적으로 이루어질 필요가 있다. 즉, 실증 지역과 이후 확산 지역의 문제점 및 특성을 파악하고 솔루션의 세부적인 응용을 다각화하는 방안에 대한 고민이 필요하다.

▮ 도시 콘텐츠 기반 스마트시티 정체성 확립

실효성 있는 스마트시티를 구축하기 위해서는 해당 도시의 고질적인 문제를 해결하거나 장점을 살릴 수 있는 핵심 콘텐츠가 있어야 한다. 신도시형 스마트시티를 구축하는 경우 ICT 주도적 관점으로 스마트시티 로드맵을 실행하는 방안이 용이하다. 그러나 기존 도시를

5) 우정훈(2019).
6) 이재용, 이정찬, 김익회(2019), 지역 간 스마트시티의 불균형 문제, 어떻게 해결할 것인가? 스마트시티 실증성과 확산 기반 불균형 해소 방안 모색, 국토연구원 국토이슈리포트.

재생하는 스마트시티의 경우 기존의 도시계획과 인프라 등 고려해야 할 복잡한 요소들이 많아 스마트시티의 목표 수립이 어려울 수 있다. 이 경우 각 도시 고유의 특장점과 고질적인 문제 등 핵심 콘텐츠를 파악하고 목표를 수립해야 지속적인 실행력이 제고될 수 있다.[7)]

또한 실증지역에서 검증에 성공한 솔루션을 다른 지역에 기성품처럼 보급하기보다는 해당 지역의 세부적인 특성을 고려하여 솔루션을 적용하는 것이 효과적이다. 다른 지역보다 도시 내 자가용 이용 비중이 높거나, 자전거 통행인구가 많거나, 혹은 고령자가 많다면 이러한 점을 반영하여 교통안전 솔루션을 적용해야 한다. 도시의 고유의 장점과 문제에 기반을 둔 스마트시티 마스터플랜과 목표는 서비스 우선순위의 확립을 수월하게 하여 도시맞춤형 솔루션과 플랫폼 개발을 촉진할 것이다.

▮ 시민참여를 통한 스마트시티 서비스 개발

스마트시티 서비스 개발주체는 시민의 니즈와 도시 문제를 관찰하고 정의하여 이를 기반으로 서비스를 설계해야 한다. 서비스의 지속적인 개선을 위해서는 이용자(시민, 이해관계자)의 참여를 어떻게 유도할지를 고민할 필요가 있다. 시민의 협력과 참여를 유도하기 위해서 스마트시티는 무형적인 서비스 경험을 유형적인 인프라와 서비스 디자인을 통해 도시민(서비스 사용자)에게 구체적인 경험으로 제공할 수 있어야 한다.

다음으로 정부와 지자체는 스마트시티 서비스를 개발하고 실험할 수 있는 테스트베드를 제공해야 한다. 서비스가 실제로 제공되는 현장에서 시민, 지자체, 기업, 연구소등 참여주체 간 협력을 통해 실증과정을 거침으로써 서비스 이용 과정에서 발견되는 문제들을 개선할 수 있다. 대표적인 예로, 리빙랩(living lab)은 시민의 참여를 유도함으로써 스마트시티 서비스의 체감도를 높이고 서비스의 지속적인 개선과 혁신이 가능한 방법이다.

▮ 스마트시티 서비스 특성에 따른 차별화된 접근방법 적용

효과적인 스마트시티 서비스 혁신을 위해서는 도시 운영자와 서비스 개발자들이 해당 서비스가 적용되는 분야의 특성을 잘 알고 이에 적합한 혁신 방법론을 적용해야 한다. 소프트웨어 분야의 경우 제품 및 서비스의 요구 사항이 변하기 쉬우며, 최종 사용자와의 협력과 피드백이 가능하다. 이 경우 빠르게 프로토타입을 만들어 실험하고 시행착오를 거쳐 문제를 해결하는 애자일(Agile) 방법론이 유리하다. 그러나 자율주행 분야의 경우에는 시스템 오류가 인명 피해로 이어질 수 있어 안전성과 신뢰도가 특히 중요하며 사용자와의 지속적인 협력이 어렵다. 따라서 스마트시티 혁신을 효과적으로 추진하기 위해서는 서비스 시장 환경과 고객의 참여가 가능한 정도, 도입하고자 하는 혁신의 유형과 실패의 위험도에 대한 지식을 고려해야 하며, 정부와 민간기업이 이를 공유하고 함께 논의할 필요가 있다.

7) 김정열(2018), 지속 가능한 스마트시티 활성화 방안: 국가 차원 스마트시티 추진전략 관점에서, Deloitte Korea Review, no.11.

5 정책적 시사점

AI를 활용한 스마트시티 솔루션은 도시 서비스를 자동화·지능화함으로써 도시 운영의 복잡성을 감소시키고 생산성(운영비용 감소, 에너지 효율성 증가, 간접적인 사회적 비용 감소 등)을 개선하는데 크게 일조할 것으로 기대된다. AI는 교통, 에너지 등 기존 도시 서비스가 제공되는 방식을 변화시켜 비용효율성과 사용자 경험을 개선할 것이다. 이를 위해 스마트시티 분야에서 현실 세계의 정보를 데이터화하는 IoT와 이를 가상세계에서 모니터링하고 분석하는 AI의 융합이 가속화될 것으로 예상된다. 개인의 프라이버시가 보장되는 방식으로 데이터가 수집된다고 가정할 때, 도시의 온도, 빛, 진동, 소리, 대기 센서, CCTV 등 각종 센서로부터 받은 데이터를 AI로 분석한다면 교통, 에너지, 범죄 등 각종 도시 기능에 있어 최적의 도시계획 및 운영이 가능할 것이다.

최근 중앙정부를 중심으로 스마트시티 기반 조성과 실증 사업이 활발히 추진되고 있다. 그러나 과거 u-City처럼 기반시설 중심의 공공투자 정책을 넘어서 시민의 삶의 질을 제고하고 비즈니스 가치를 창출하는 스마트시티를 조성하기 위해서는 데이터의 연계와 공유, 프라이버시/보안 문제의 해결을 통해 도시의 데이터 순환이 이루어질 수 있어야 한다. 사람이 수행하던 분야를 자동화하거나 과거 기록을 바탕으로 문제를 예측하는 경우 기존 데이터에 존재하는 실수나 편견이 데이터에 어느 정도 반영되었는지 파악하고 이를 정제하기 위한 노력이 필요하다. 이후 지역마다 개별적으로 스마트시티 솔루션을 개발하기보다는 실증 지역에서 검증에 성공한 스마트시티 솔루션을 다른 지역으로 확대하여 적용되어야 한다. 그러나 이 과정에서 각 지역의 문제와 특성을 고려하여 도시 콘텐츠에 맞는 스마트시티 솔루션으로 응용할 필요가 있을 것이다. 나아가 스마트시티 서비스의 활성화를 위해서는 개발과정에서 시민참여가 이루어져야 한다.

스마트시티 플랫폼과 인프라 구축 이후에는 민간기업의 비즈니스 모델 창출과 확대가 스마트시티의 실효성에 영향을 미칠 것이다. 향후 국내 스마트시티가 공공투자 위주 정책으로서의 한계를 극복하고 활성화되려면 기업가적 활동이 촉진되어야 한다.[8] 서비스 제공 단계에서 스마트시티의 경제적 지속가능성을 확보하고 생활경험·도시문제를 실질적으로 개선하기 위해서는 민간기업의 참여가 유지보수, 솔루션구축을 넘어 서비스 혁신까지 확대되어야만 한다. 이를테면 교통, 빌딩, 에너지 등 물리적 인프라의 연계와 이를 기반으로 한 문화, 관광, 의료 등 광범위한 O2O 서비스, 블록체인 비즈니스모델 등 융복합적인 비즈니스 모델 창출을 통한 도시 서비스의 혁신이 확산되어야 한다.[9]

8) 김정열(2018).
9) 이민화, 주강진(2019), 디지털 트랜스폼에서 스마트 트랜스폼으로, (사)창조경제연구회(KCERN).







www.etri.re.kr

본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 주요사업인 "ICT R&D 경쟁력 제고를 위한 기술경제 및 표준화 연구"를 통해 작성된 결과물입니다.

본 저작물은 공공누리 제4유형:
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

ETRI Electronics and Telecommunications Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504