제4차 산업혁명은 도시를 어떻게 변화시킬 것인가

정지훈 교수 jjeong@khcu.ac.kr
경희사이버대학교 IT · 디자인융합학부

01 제4차 산업혁명의 시대를 맞이하여

제4차 산업혁명의 시대를 맞이하여 전 세계 여러 산업 영역에서는 어떻게 변화를 준비해야 할지 논쟁이 뜨겁다. 사실 제4차 산업혁명과 관련한 논의는 IT기술과 인터넷의 보급이 확대되면서부터 꾸준히 진행되어 왔지만, 세계적 화두로서 공식화한 계기는 2016년 스위스 다보스에서 열린 제46차 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)이라고 할 수 있다. 이 포럼에서 채택된 핵심 주제가 바로 '제4차 산업혁명의 이해'였다.

1차 산업혁명의 핵심이 기계화를 통해 증기와 물의 힘으로 기계적인 힘의 사용과정을 혁신시킨 것이었다면, 2차 산업혁명은 전기 에너지를 이용한 지구적 대량생산 체제를 구축한 것이며, 3차 산업혁명은 정보기술을 이용한 자동화 생산체계와 인터넷 보급을 통한 디지털 혁명이라 할 수 있다. 그리고 현재 우리는 다양한 기술의 융합과 인공지능 중심의 인지혁명을 결합한 제4차 혁명의 단계를 맞고 있다. 그 대표적인 기술로 인공지능, 3D프린팅, 자율주행 자동차, 사물인터넷, 바이오 테크놀로지 등이 거론되고 있다.

표1 산업혁명의 과정

1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명	제4차 혁명
기계화를 통해 증기와 물의 힘을 혁신적으로 발전	▶ 전기 에너지를 이용한 대량생산 체제를 구축	▶ 정보기술을 이용한 자동화 생산체계와 인터넷 보급 (디지털 혁명)	▶ 다양한 기술의 융합 및 인공지능 중심의 인지혁명

산업혁명은 산업만 변화시키지 않는다. 지극히 당연한 말이지만, 도시의 기능과 형태에도 지대한 영향을 끼친다. 이 글에서는 역사적으로 산업혁명이 가져온 도시의 변화를 바탕으로 하여 제4차 산업혁명으로 변화할 미래도시의 모습을 검토해보고자 한다.

02 도시 변화의 역사

인류의 역사를 돌아보면, 도시에 대한 개념은 거듭 변천해왔음을 알 수 있다. 18세기 중반에 시작된 1차 산업혁명 전까지만 해도 사람들은 대체로 자기 소유의 땅이든 지주로부터 빌린 땅이든 농사를 지을 수 있는 지역에 정착하여 생활을 영위했다. 생산방식은 대개 자급자족 중심이었고, 그밖에 필요한 품목을 서로 교환하고 나누기 위해 장터가 섰다. 이 과정에서 장터가 발전해 상업의 중심지로 성장하고 나아가 도시로 발달한 경우가 많았다.

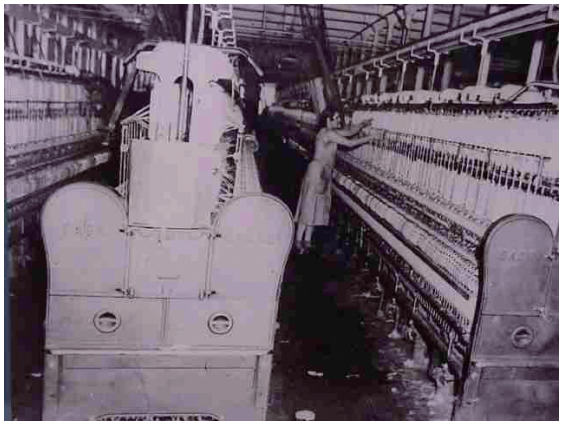
근대 시기까지 상업의 중심지는 주로 항구였다. 상업이 발달하면서 물건을 실어 나르기 쉬운 쪽을 찾다 보니 육상 수송보다는 해상 수송이 각광을 받게 되었기 때문이다. 선박은 무거운 물품도 얼마든지 쌓아올려 이동할 수 있는 데 반해 말이나 나귀 등의 동물에 의존하는 방식은 그러한 규모를 당해낼 수 없었던 것이다. 이렇듯 바다와 강을 면한 항구 지역은 언제든 배를 띄울 수 있고 하역 작업도 용이하다는 강점을 토대로 상업의 거점도시가 되었다. 그리고 많은 사람들이 도시에 모여들기 시작하자 네트워크 효과가 발생했다. 즉 각각의 요구를 가진 사람들이 모이면서 자연스럽게 집단이 형성되어 부가가치의 창출 가능성이 높아졌고, 이들을 좀더 전문적으로 양성하기 위한 교육기관들(대학)이 생겨나게 된 것이다. 이로써 오늘날 우리가 생각하는 '도시'의 형태가 갖추어지기 시작했다.

이후 산업혁명이 일어나자 영국과 미국을 중심으로 판이 크게 바뀌었다. 산업혁명을 이끈 동력은 제임스 와트가 발명한 증기기관이라고 알려져 있지만, 사실 산업혁명 초기만 해도 이 신기한 기계는 그다지 큰 변화를 이끌어내지 못했다. 수증기의 열에너지를 이용해서 작동시키는 아이

그림1 제니방적기

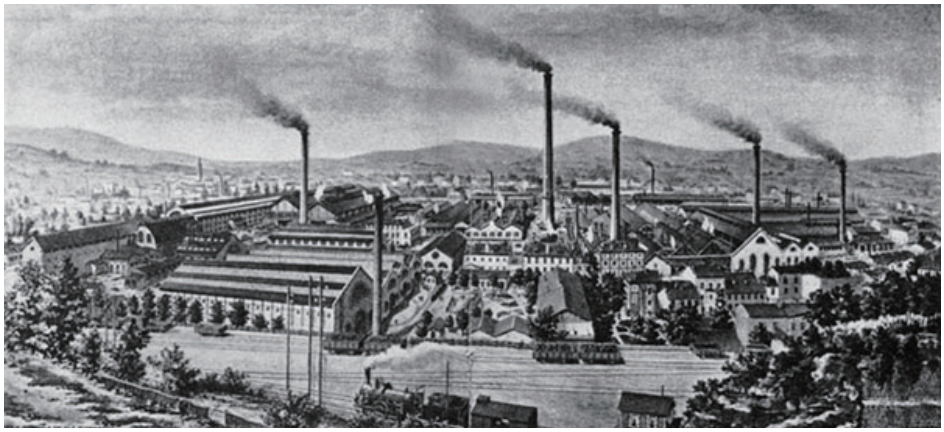
자료 www.faculty.knou.ac.kr

그림2 기계화된 방적공장



자료 http://heiiann.egloos.com/m/1637811

그림3 산업화 초기의 공장 전경(프랑스 생샤몽, 1890)



자료 Elinor Accampo, 1989, Industrialization, Family Life, and Class Relations: Saint Chamond, 1815-1914, University of California Press

디어 자체는 기원전부터 알려져 있었고, 와트 이전에도 증기를 이용한 기계는 존재했다. 특히 토머스 뉴커먼이 발명한 대기압식 증기기관은 탄광 채굴 등에 이용될 정도였다. 그런데 와트가 대기압의 영향을 받지 않도록 증기기관을 개량하여 효율성을 개선했음에도 산업 전체에는 주목할 만한 영향을 미치지 못했다. 어쩌면 그보다 조금 앞서 발명된 '제니 방적기'가 산업혁명의 도화선이라 할 수 있다. 제임스 하그리브스가 발명한 이 방적기로 인해 옷감 생산량이 이전보다 여덟 배나 높아졌으며, 이때부터 본격적으로 대량생산 체제가 시작되었기 때문이다.

생산된 옷감들은 주로 상업 중심지로 운반되었는데 초기에는 선박이 있는 곳까지 옮기는 과정을 단축하기 위해 항구도시 주변에 방적공장이 지어졌다. 따라서 운반지가 장거리인 경우는 배에 옮겨 실었지만 가까운 거리일 경우에는 육로로 유통시키곤 했다. 그러나 대규모 생산 공장들이 많아지면서 주변 환경을 오염시키는 등의 문제가 발생하기 시작하자 소비 기능과 유통을 중심으로 하는 도심지에서는 공장을 가동시키기 곤란해졌다. 결국 도심지에서 다소 떨어진 곳으로 공장들이 이전하게 되었는데, 영국에서는 이 무렵에 철도가 놓이기 시작했다. 철도의 등장은 도시의 양상을 크게 바꾸었다. 공장 생산품을 실어 나르기 위한 철도 노선과 정차역이 신설됨에 따라 철도역을 중심으로 도시가 형성되기 시작한 것이다.

미국에서도 이러한 양상으로 공업도시가 형성되었다. 즉, 대륙횡단 철도가 놓이면서 미국의 동부와 서부가 연결되고 대도시가 하나 둘 생겨나기 시작했다. 그러나

그림4 1920년대와 1940년대 디트로이트의 도시변화

자료 (좌)Burton Historical Collection, Detroit Public Library, (우) Walter P. Reuther Library, Wayne State University

미국 공업도시를 발전케 한 실질적인 원동력은 자동차 산업과 고속도로였다. 포드와 크라이슬러, GM 등 당시로서는 세계 최대의 자동차 회사들이 다양한 모델의 차량을 쏟아냈고, 미국 정부는 대공황의 늪에서 벗어나기 위한 경기부양책의 일환으로 미국 전역에 공짜로 이용할 수 있는 고속도로를 뚫기 시작했다. 차량 중심의 미국식 도시계획이 정착되자 곧 이러한 도시계획 모델은, 전 세계로 확산되었다. 오늘날 흔히 볼 수 있는 도시들은 대체로 거주지보다 대규모 건물들과 도로 우선으로 설계되어 있는 특징을 지니고 있는데, 이는 전형적인 미국식 공업도시의 방식이다. 말하자면 도로를 중심으로 상업지구, 공업지구, 거주지구 등으로 구획을 지은 다음에 전반적인 도시구조를 설계한 것이 현재의 도시형태다.

많은 도시 전문가들은 아직도 교통을 우선순위에 둔 도시계획을 거론하곤 한다. 하지만 제4차 산업혁명의 시대는 교통보다는 사람을 중심으로 하는 도시 개념으로 변화되고 있다. 이러한 흐름의 저변에는 젊은 세대를 중심으로 변화된 삶의 가치관이 작동하고 있다. 이들은 도심에 살되 자동차를 가지고 여기저기 돌아다니기보다는 자기 시간을 자유롭게 보낼 수 있는 삶을 추구한다. 또한 지역의 생태환경에 대한 관심이 깊어짐에 따라 일상생활에서는 대중교통으로 이동하기를 바라며, 필요할 경우에는 공유 자동차 서비스 등을 활용할 수 있는 도심지가 다시 각광받게 되었다. 이 때문에 선진국의 일부 도시에서는 도심 공동화가 아닌 교외 공동화 현상을 나타내고 있기도 하다.

그림5 구글의 자율주행자동차

자료 Forbes, Google is leader in revolutionary self driving cars says his, 2015.11.12.

그림6 아부다비 마스다르시에서 제공할 계획인 개인용 고속 자동주행전차

자료 Domenick Yonney, autobloggreen

03 제4차 산업혁명을 이끄는 기술과 미래도시

인류의 역사가 증명하듯이, 급격한 기술 발전은 필연적으로 도시의 변화를 가져온다. 그렇다면 제4차 산업혁명의 핵심기술 가운데 미래도시를 주도할 기술은 어떠한 것일까? 또 도시는 어떤 형태로 변화하게 될까? 현재 가장 주목되는 관련 기술로는 자율주행 자동차와 커넥티드카(Connected Car)로 대별되는 미래자동차와 관련한 기술들, 신재생 에너지 보급의 확대와 전기자동차와 같은 에너지 관련 기술, IT 기술과 인터넷 기술의 발전으로 확대되고 있는 공유경제와 관련한 기술 그리고 빅데이터와 인공지능 기술 등이 접목되는 스마트 도시와 관련한 기술 등이다.

그 중에서 미래도시와 관련하여 가장 큰 영향을 끼칠 것으로 생각되는 기술은 자율주행 자동차와 전기자동차 분야다. 사실 전기자동차는 내연기관 자동차에 못지않은 긴 역사를 가지고 있다. 최초의 전기자동차는 1888년 독일의 발명가 안드레아스 플로켄이 만든 '플로켄 엘렉트로바겐'으로 알려져 있다. 1900년대 초반에 미국에서 운행하는 자동차의 약 38%는 전기자동차였으며, 그 주요 고객은 가솔린차에서 나는 소음과 냄새에 민감한 부잣집 여성들이었다. 다만 배터리 기술의 한계로 주행거리가 짧은 단점을 지니고 있었는데, 이후 휘발유 엔진 자동차의 혁신적인 발전과 더불어 유가의 하락으로 전기자동차는 시장에서 자취를 감추게 되었다. 그러나 오늘날 전기자동차 본래의 특성인 정숙함과 이산화탄소 배출량이 적은 점에 다시금 주목하기 시작했고, 이에 더해 배터리 성능과 운용기술이 크게 향상되어 1회 충전에 500km까지 주행 가능한 자동차들이 속속 출시되고 있다. 이미 선진국에서는 충전 인프라가 크게 확대되면서 전기자동차 보

급량도 늘고 있다.

자율주행 자동차 기술은 미래도시에 더욱 커다란 변화를 가져올 것으로 전망된다. 자율주행 자동차란 주변 환경을 인지하여 위험요소를 판단하고, 주행경로를 스스로 설정하여 스스로 안전주행을 하는 자동차를 뜻한다. 이러한 기능에 대해서는 오래전부터 연구해왔지만 현실에 적용될 가능성은 낮을 것으로 보였는데, 최근 구글의 자율주행 자동차 실험을 계기로 본격적인 양산이 전망되고 있다. 이제는 구글 외에도 여러 기업들이 기술 확보 및 상용화에 주력하고 있어서 2020년 전후에는 여러 업체에서 다양한 모델들을 출시할 것으로 예상되며, 미국의 여러 주에서는 가장 큰 장애물로 여겨졌던 법규 부분도 개정작업이 활발히 진행 중이다.

가장 눈길을 끄는 자율주행 자동차는 구글에서 제작 중인 '구글카'이다. 구글의 자율주행 자동차는 2007년 다르파 어번 챌린지(DARPA Urban Challenge, LA 교외 구공군기지에 만든 가상 시가지를 달리는 대회)에서 완주한 여섯 팀으로부터 그 역사가 시작되었다. 구글은 미군의 연구 프로젝트 성격의 챌린지였던 이 대회에서 완주한 팀의 연구진을 전원 고용, 2009년부터 실험을 진행하면서 기술력을 다듬어 왔다. 2012년에는 처음으로 네바다주에서 제한적이나마 자율주행 허가를 받아 공식적인 실험에 돌입했고, 2013년부터는 캘리포니아주의 공공도로에서도 실험을 진행하여 지금까지 수십만 킬로미터를 무리 없이 주행함으로써 그 안전성과 가능성을 널리 알렸다.

현재 미국의 네바다, 캘리포니아, 플로리다, 워싱턴, 미시건, 테네시주 등 여러 주에서는 자율주행차 관련 법안이 통과된 상태다. 자율주행 자동차의 보급이 확대되면 분명히 사회는 크게 변화할 것이다. '맥킨지 보고서'에 따르면 자율주행 자동차 시대에는 사람의 실수로 인한 교통사고가 현재보다 90%가량 줄어들 것으로 전망하고 있다. 교통사고 건수가 줄어들면 그 피해액 역시 1800~1900억 달러(217조~229조 원) 정도 줄어들 것으로 추산된다. 또한 차량 안에서 운전만 할 필요가 없으므로 다양한 스마트 기기나 인터넷과 연결된 다양한 서비스가 제공되는 커넥티드 카(Connected Car)가 활성화될 것이다.

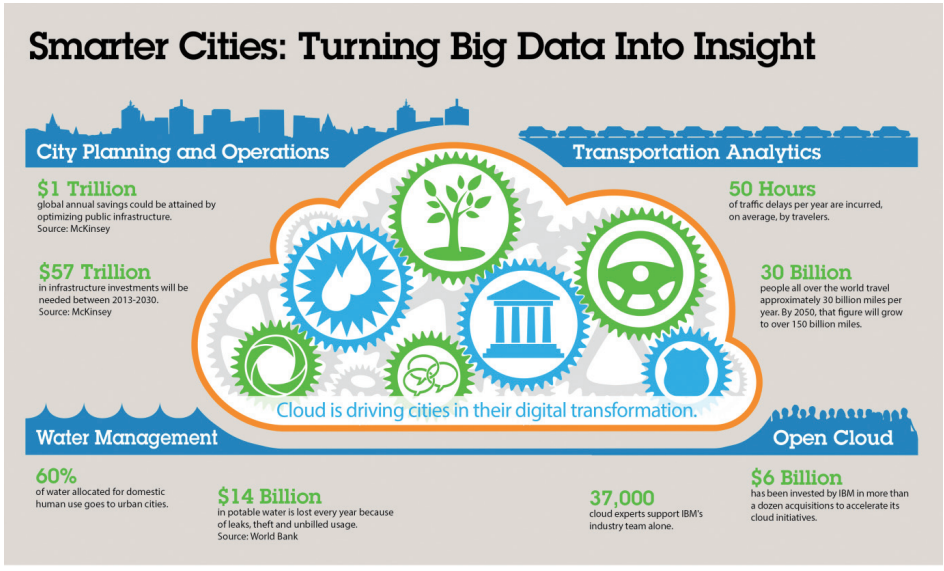
지금까지 많은 사람들은 자동차를 비싼 값에 구입해서는 주로 집과 회사에 주차해 두고 있다. 또한 많은 경우에 자동차는 운전자 한 명만을 실어 나르며 운행 시간도 출퇴근 시간대에 몰리기 때문에 전반적으로 동시에 이동하고 동시에 주차되는 현상을 나타낸다. 자율주행차가 등장하면 이 모든 게 달라질 것이다. 인공지능과 사물인터넷을 활용한 자율주행 자동차는 우리를 원하는 시간에 원하는 장소에서 픽업해줄 수 있다. 언제 어디서나 안전하게 사용 가능하다면 우리는 더 이상 자동차를 소유할 필요가 없을 것이다. 자동차를 소유하지 않는다면 주차장도, 정비소도, 보험도 필요 없어질지 모른다. 최적화된 알고리즘을 사용하

는 자율주행 자동차가 상용화되면 현재 운행되고 있는 자동차의 90% 이상은 불필요해진다고 한다. 그렇다면 향후 택시기사, 자동차 딜러, 자동차 정비사, 주차장 관리자 등의 관련 직업은 어떻게 변화될까? 자율주행 자동차들이 주류가 되었을 때의 도시는 어떤 풍경일까? 아마도 현재의 도시와는 상당히 다른 모습일 것이다.

스마트 도시(Smart City) 관련 기술도 미래의 도시에 중요한 역할을 하게 될 것이다. 도시의 기본적인 역할은 도시 네트워크를 형성하고 있는 다양한 이해 당사자들의 관계를 조율하여 사회적 가치를 끌어올리는 데 있다. 가치 중심적 관리를 통해 도시에 거주하는 사람들의 능력을 효율적으로 뒷받침하는 것이 도시의 핵심적인 존재 이유이다. 또한 소외되는 계층이 없도록 관리하고, 환경 · 교통 · 상하수도 · 쓰레기 등의 문제를 해결하거나 응급대응 시스템(건강보건, 재해대응 등)과 같은 공통 인프라를 제대로 인지하고 컨트롤할 수 있는 실제적인 체계를 갖추어야 한다.

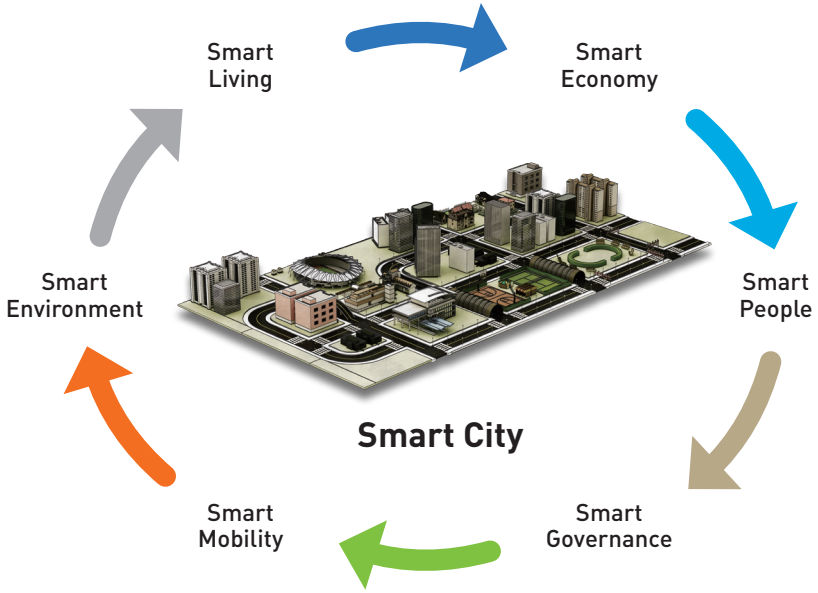
위키피디아(Wikipedia)의 정의에 따르면, 스마트 도시란 여섯 가지 개념으로 종합된다. 우선 ICT 기술을 이용해서 도시의 경쟁력을 높이고 다른 도시에 비해 높은 생산성과 경제적인 인프라를 구축하는 스마트 경제(smart economy), 교통 시스

그림7 IBM의 스마터 시티 구상과 빅데이터 활용 방안



자료 https://datafloq.com/

그림8 스마트시티의 6가지 개념



자료 http://www.smartcitiesprojects.com/

템과의 유기적인 연계를 해주는 스마트 이동(smart mobility), 도시를 구성하는 자연자원(natural resources) 등을 기술적으로 모니터링하고 이를 보호하는 스마트 환경(smart environment), 도시에 거주하는 시민들의 능력을 극대화하고 사회적 자본을 축적하도록 하는 스마트 인력(smart people), ICT 기술을 활용하여 시민들의 삶의 질을 높여주는 스마트 생활(smart living), 도시 운영에 관련한 의사결정 과정에 시민들의 손쉬운 참여를 이끄는 스마트 거버넌스(smart governance)가 그것이다.

제4차 산업혁명은 주거공간에도 변화를 이끌 것으로 전망되고 있다. 구조적으로는 일종의 작은 아파트이지만, 실내 형태를 변형할 수 있는 집들이 등장하게 될 것이다. 작은 규모의 거실과 침실 그리고 간단한 사업장 기능까지 소화할 수 있는 아파트가 젊은층에게 저렴한 가격에 보급된다면 도시의 주거환경을 크게 개선할 수 있을 것이다.

그 밖에도 3D 프린팅 기술, 다양한 환경과 관련한 기술, 스마트 그리드와 공유경제 등도 4차 산업혁명 시대의 미래도시에 중요한 역할을 할 수 있다.

04 미래도시를 향한 우리의 과제

MIT 미디어랩의 조이 이토(Joi Ito) 소장의 전망에 따르면, 미래의 도시는 현재보다 인구밀도가 높으면서도 건강한 생태계를 이룰 것이라고 말한다. 2013년 일본 도쿄에서 열린 '혁신도시 포럼(Innovative City Forum)'에서 그는 다음과 같이 언급하였다.

"제 생각에는 기술이 도시들을 변화시키는 것 같습니다. 서로 다른 기술이 일반화되고 그것이 인프라로 이용되기 시작하면 도시의 형태가 바뀝니다. 가장 커다란 변화는 정보기술(information technology)에서 나타났는데, 아직 도시 계획이나 도시 디자인에는 이런 기술적인 환경의 변화가 제대로 반영되지 못한 상태입니다. 우리들이 해야 할 일은 도시를 새로운 정보기술의 관점에서 완전히 다르게 바라보는 것입니다."

제4차 산업혁명을 주도할 주요 기술로 손꼽히는 전기자동차나 자율주행 자동차의 성공은 자동차 회사만의 힘으로는 이루어질 수 없다. 경량이면서도 공유 가능한 전기자동차, 그러한 신기술 차량을 효율적으로 관리할 수 있는 네트워크와 충전 인프라, 운영 알고리즘과 인터페이스 기술 등의 뒷받침이 필요하다. 이에 따라 도시의 인프라를 계획하거나 새롭게 재편하는 노력 그리고 운영과 관련한 서비스 체계가 마련되어야 한다.

역설적이게도 제4차 산업혁명에 관련된 핵심기술들이 추구하는 도시는 자동차가 발명되기 이전 유럽의 주요 도시들이 목표했던 형태와 매우 유사하다. 말하자면 도시의 공간 규모는 작은 반면 많은 사람들이 효율적으로 거주하고, 쉽게 지능적으로 이동할 수 있으며 사람들 간의 소통 기회가 확대됨으로써 새로운 가치가 많이 창출되는 도시라 할 수 있다. 예를 들어 오랜 역사를 지니고 있는 프랑스 파리는 자동차가 발명되기 이전에 이미 구조가 확정된 도시로, 수많은 좁은 거리들이 서로 긴밀하게 연결되어 있는 형태를 띠고 있다. 따라서 이 도시에서는 도보 이동으로 활동하기에 유리한 편이다. 이러한 특성 때문인지 파리는 새로운 자동차 기술과 문화, 거주 등의 다양한 시험장을 자처하면서 미래형 도시로 거듭나고 있다.

미래의 도시는 기존의 상업지구와 주거지구를 나누는 식의 천편일률적이고도 기능적인 접근방식보다는 '어떻게 하면 사람들에게 매력적인 도시라는 인상을 심어주고, 활발한 교류가 가능하도록 할 수 있을까?'에 초점을 맞추어 설계되어야 한다. 예컨대 도시 내에 대학교가 있고, 그 주변에 다양한 분야의 아티스트들이 몰려들고, 가까운 곳에 거주할 공간을 구할 수 있고, 교육적 혜택이 제공되고, 외부 곳곳에 위치한 도시와의 교통 연계성이 편리하여 대중교통을 이용할 수 있다면 매우 경쟁력 높은 도시라 할 수 있다.

당면한 과제는 전문가들의 인식 전환이다. 기존의 자동차 중심의 도시공학 및 설

계를 선보였던 전문가 그룹들은 이제까지의 틀을 벗어나 미래도시에 대한 새로운 탐구에 도전할 필요가 있다. 마찬가지로 도시의 행정이나 계획을 세우는 각 도시의 공무원들과 시장을 위시한 리더 그룹 역시 새로운 기술 시도와 미래에 대한 혁신에 인색해서는 안 될 것이다. W

참고문헌

- Jeff Speck, "Why Cities Must Allow Us to Love and Leave our Cars", http://www.good.is/posts/why-cities-must-allow-us-to-love-and-leave-our-cars
- Ariel Schwartz, "The Rise Of The Suburban Poor", http://www.fastcoexist.com/1682104/the-rise-of-the-suburban-poor
- Confronting Suburban Poverty in America 홈페이지, http://confrontingsuburbanpoverty.org/
- 위키피디아 Smart City 홈페이지, http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_city
- IBM Smarter City 홈페이지, http://www-03.ibm.com/innovation/us/thesmartercity/
- Urban OS 홈페이지, http://www.living-planit.com/UOS_overview.htm