

도시진화와 스마트시티 아키텍처



황종성 한국정보화진흥원 연구위원

KICEM

1. 스마트시티의 문턱

스마트시티를 접하고 많은 사람들이 혼란스러워 하는 이유는 그 개념의 경계가 모호하기 때문일 것이다. 스마트폰의 경우 누구나 스마트폰인 것과 아닌 것을 구분할 수 있지만, 스마트시티는 그것이 좀처럼 쉽지 않다. 스마트 주차장, 스마트 가로등, 스마트 빌딩 등 도시내에 스마트 기술을 적용하는 자잘한 프로젝트들이 적지 않다. 만약 이런 프로젝트를 추진하는 도시들이 모두 스마트시티라면 스마트시티는 개념의 경계가 아주 모호한 개념이 된다. 반대로 스마트시티가 이런 도시와 구분되는 별개의 개념이라면 그것을 구분하는 기준이 제시되어야 하는데 어디를 봐도 그런 기준을 찾기 힘들다.

이런 개념의 모호성은 스마트시티에 대한 상반된 접근을 야기하는 요인이 된다. 분절적(fragmental) 접근과 총체적(holistic) 접근의 대립이 그것이다. 전자는 스마트시티를 그 구성요소로 환원하여 이해하는 것으로 도시의 핵심 부문들이 스마트화 되면 스마트시티가 구현된다고 보는 입장이다. 이에 비해 후자는 스마트시티 자체에 내재한 고유한 특성이 존재한다고 생각하고 이를 충족시키는 도시들이 스마트시티가 된다는 입장을 갖는다. 현실적으로 보면 분절적 접근은 도시 내에서 진행되는 각종 스마트기술 사업들이 활성화되도록 하는데 초점을 맞추는 반면, 총체적 접근은 스마트시티가 작동하는데 필요한 공통기반을 구축하는데 더 높은 우선순위를 부여한다.

그동안 스마트시티의 발전과정을 보면 분절적 접근과 총체적 접근이 뒤섞이면서 각각 나름대로 의미있는 결과를 내 놓았다. 하지만 전체적인 발전방향을 보면, 분절적 접근을 위주로 하는

형태에서 총체적 접근을 위주로 하는 형태로 변해 가는 것을 발견할 수 있다. 특히 총체적 접근은 도시의 구조 자체를 바꾸는 근본적인 변화를 초래하여 도시가 성장을 넘어 진화를 실현하는 계기를 마련할 것으로 보인다. 달리 말해 총체적 접근을 취해야 비로소 스마트시티의 문턱을 넘어 완전히 새로운 도시로 진화할 수 있는 것이다.

2. 도시성장 vs 도시진화

스마트시티를 이해하기 위해서는 도시의 성장(growth)과 진화(evolution)를 구분하는 것이 필요하다. 성장은 전체 시스템의 모습, 즉 구조적 형태는 그대로 있고 구성요소의 크기만 커지는 것을 의미한다. 이에 비해 진화는 시스템 자체가 새로운 구조로 변하는 것을 의미한다. 이를 도시에 적용하면, 도시성장은 도시가 기본 구조와 운영시스템은 그대로 둔채 물리적으로 확장하는 것을 의미하고, 도시진화는 도시의 구조와 운영시스템 자체가 변하는 것을 말한다. 전자의 경우에는 크기만 다를 뿐 도시의 성격은 그대로 유지되는 반면, 후자는 기존 도시를 새로운 도시로 탈바꿈하는 효과를 갖는다.

그 동안 도시는 성장 위주의 발전을 해 왔다. 성장이 발전과 같은 의미는 아니지만, 도시 성장을 도시 발전과 동일시하는 인식이 팽배했다. 실제로 큰 도시가 작은 도시 보다 경제적으로나 사회적으로 많은 이점을 갖는다는 사실이 과학적으로 입증되기도 했다. 예컨대 영국의 물리학자 제프리 웨스트(Geoffrey B. West)는 과거와 현재에 존재하는 각종 도시들에 대한 데이터를 분석한 결과 도시의 규모가 커지면 그 도시의 GDP와 임금 등 경제적 요인이 15% 정도 더 빠른 속도로 증가한다는 사실을 발

견했다. 도시의 규모를 키우는 것만으로도 사람들의 삶을 개선시킬 수 있다는 의미다. 그 결과 전세계 도시는 성장을 거듭하여 1950년 1개에 불과했던 메가시티, 즉 인구 1천만명이 넘는 도시가 2017년 현재에는 46개로 크게 증가했다.

하지만 성장 위주의 발전은 두말할 필요도 없이 수많은 문제점을 수반했다. 도시가 거대한 공룡으로 변한 결과는 세상의 자원을 빠른 속도로 소진하고 다음 세대의 존립마저 위협하게 되었다. 특히 성장은 도시문제에 대한 근본적인 해결책이 되지 못했다. 주택난을 해결하기 위해 더 많은 집을 짓고, 주차난에는 더 많은 주차장으로 대응하고, 범죄증가에는 더 많은 경찰력으로 맞서는 성장 위주의 대응은 문제를 해결하기 보다 또 다른 문제를 잉태하는 결과를 초래했다. 도시문제를 물리적 성장으로 대응하고 물리적 성장이 다시 도시문제를 불러오는 성장의 악순환이 초래된 것이다.

되돌아 보면 스마트시티는 이런 성장의 악순환을 벗어나고자 하는 노력에서 출발했다. 초기 스마트시티의 가장 중요한 목표가 되었던 ‘지속성장가능성’(sustainability)이 바로 이런 생각을 대변한다. 도시문제에 기계적으로 대응하는 타성에서 벗어나 새롭게 창의적인 해결방법을 통해 도시의 생존력을 강화하고자 했다. 예컨대 에너지 부족문제에 대해 공급량을 늘리는 방식 보다 소비를 줄이는 새로운 방식을 적용하고, 교통체증에 대해 도로를 늘리기 보다 자동차 이용을 억제하는 발상의 전환을 시도한 것이다.

이런 점에서 스마트시티는 도시성장을 넘어 도시진화를 지향한다고 할 수 있다. 현재의 도시 구조와 운영방식을 그대로 둔 채로 문제해결을 시도하는 것이 아니라 도시 구조와 운영시스템 자체의 혁신적 변화를 지향한다. 마치 생물의 종들이 하등동물에서 고등동물로 진화해 가듯이 도시도 그 이전의 기계적 도시에서 창조적인 스마트시티로 진화하는 것이다. 이를 위해 스마트시티는 각종 첨단기술의 적극적 활용을 필요로 한다. 도시 구조와 운영시스템이 한단계 더 고도화하기 위해서는 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 가상현실 등 지능기술을 접목시키는 것이 필요하기 때문이다.

스마트시티가 도시진화를 실현하는 메카니즘을 이해하기 위해서는 ‘부분의 최적화’와 ‘전체의 최적화’의 관계를 따질 필요가 있다. 이와 관련하여 독일어인 ‘게슈탈트’(gestalt)는 좋은 시사

점을 제공한다. 한마디로 “전체는 부분의 합과 다르다”는 뜻을 갖는 게슈탈트는 부분의 속성을 모두 합한 것과 전체의 속성이 같지 않다는 점을 알려준다. 우리가 쓰는 글은 문자의 집합으로 이루어져 있지만 그 뜻은 문자를 모두 합한 것과 같지 않고, 물의 분자가 모여서 호수를 이루지만 호수의 특성은 물 분자로 환원되지 않는 것과 같은 이치다.

이를 스마트시티에 적용하면, 부분의 최적화만으로는 도시진화를 이룰 수 없다는 결론에 이른다. 도시를 구성하는 수많은 영역을 모두 스마트화한다고 해서 도시 자체가 스마트해 지는 것은 아니라는 뜻이다. 설명의 편의를 위해 스마트 오피스를 구현하는 경우를 가정해 보자. 사무실에 있는 도구들을 각각 따로 디지털화, 지능화하여 노트북, 프린터, 챗봇, 비서로봇 등으로 대체한다고 해서 사무실이 스마트해 지는 것은 아니다. 글을 쓰고, 인쇄하고, 정보를 주고 받는 각각의 업무는 지능화되지만 사무실은 여전히 사람이 움직여 가야 한다. 각각의 기능을 따로 지능화했기 때문에 이를 연결하는 일은 사람이 해야 하기 때문이다. 반면 사무실의 모든 기기와 서비스가 공통의 플랫폼에서 작동하도록 만든다면 개별 기능의 지능화 수준은 낮아도 사무실 자체의 자동화 수준과 생산성은 획기적으로 높일 수 있다.

이런 점에서 보면 스마트시티에 대한 분절적 접근으로는 도시진화라는 스마트시티의 목표를 달성하기 어렵다. 분절적 접근은 주차장, CCTV, 에너지 등 도시의 핵심부에서 부분의 최적화를 이룰 수 있지만 이를 통해 도시 전체의 최적화를 실현하지는 못한다. 도시 전체의 스마트화를 실현하려면 도시의 구조와 운영시스템을 전면적으로 새롭게 설계하는 총체적 접근이 필요하다. 그리고 이를 위한 실천전략도 마련해야 한다. 가장 대표적인 것이 아키텍처를 그리는 일이다. 스마트시티의 전체적인 밑그림을 우선 그리고 이에 따라 각 부분의 지능화와 그렇게 지능화된 부분들간의 상호연계를 추진하는 것이다. 아직 아키텍처 기반의 스마트시티는 존재하지는 않지만 스마트시티의 발전단계를 감안하면 곧 스마트시티의 아키텍처를 그리는 일이 핵심과제로 떠오를 것이다.

3. 스마트시티의 진화

스마트시티는 도시진화의 수단이면서 그 자신도 지속적으로 진화해 가고 있다. 그리고 그 동안의 발전과정을 보면, 부분의 최적화에서 전체의 최적화로, 분절적 접근에서 총체적 접근으

로 무게 중심이 옮겨가는 점을 발견할 수 있다. 그만큼 스마트 시티의 시야가 넓어지고 도시진화의 속도와 강도가 빨라진다고 할 수 있다. 여기서는 스마트시티의 발전단계를 4단계로 구분해 보고자 한다.

스마트시티1.0은 1990년대 중반 미국과 유럽에서 태동했다. 도시발전에 정보기술을 적용하려는 움직임이 시작된 것이다. 그 배경에는 앞서 언급하였듯이 성장 위주의 도시발전에 갖는 한계를 뛰어넘어 기존 도시의 구조와 운영시스템을 한 단계 진화시켜야 한다는 인식이 깔려있었다. 가장 대표적인 것이 암스테르담에서 운영되었던 디지털 시티였다. 인터넷을 활용한 일종의 게시판에 불과했지만 시민들 사이에 정보를 공유하고 시민참여에 의한 도시문제 해결을 지향한 점에서 큰 의미가 있다.

스마트시티2.0은 2000년대 초 한국에서 시작되었다. 2003년부터 송도와 부산 등지에서 구축하기 시작한 유시티(u-City)가 그것이다. 기술적인 측면에서 보면, 인터넷을 뛰어넘어 센서를 도시 운용에 본격적으로 적용하기 시작한 최초의 사례라 할 수 있다. 추진전략 측면에서 보면, 부분의 최적화를 지향하는 분절적 접근이 주를 이루었고 총체적 접근에 대한 개념은 약했다. 스마트시티2.0은 교통카드 도입, CCTV 확산 등 적지 않은 성과를 거두기도 했지만 기술과 시장이 무르익기 전에 너무 일찍 추진하여 곧 추진동력을 상실하고 만다.

스마트시티3.0은 2010년 전후 빅데이터 기술의 등장과 더불어 시작되어 현재까지 스마트시티의 주류를 이루고 있다. 데이터를 활용하여 도시문제를 해결하는 측면에서는 스마트시티 2.0과 큰 차이가 없다. 하지만 스마트시티2.0이 센서에 의한 데이터 수집에 주로 의존했던 것과 달리, 3.0 단계에서는 이미 존재하는 데이터를 분석하여 새로운 데이터를 얻는 보다 진보된 방식을 쓴다. 그만큼 적은 비용으로 큰 효과를 낼 수 있어 선진국은 물론이고 중국 등 개도국에서 스마트시티의 주류를 이루게 되었다. 추진전략 측면에서는 여전히 부분의 최적화를 지향하는 분절적 접근이 위주이지만, 도시 전체의 데이터를 하나의 플랫폼위에 올리는 데이터 허브 구축이 추진되는 등 총체적 접근도 부분적으로 시도되고 있다.

스마트시티4.0은 미래의 스마트시티로 2017년 전후하여 부분적으로 그 모습을 드러내기 시작했다. 싱가포르가 추진하는 스마트 네이션, 미국의 콜럼버스시 등에서 추진하는 지능형 교

통사업 등이 여기에 해당한다. 가장 큰 특징은 빅데이터를 넘어 인공지능과 로봇 등 미래 지능기술을 본격적으로 활용하는 것이다. 이를 위해 도시 전체에 새로운 스마트시티 플랫폼을 구축하려고 한다. 한 예로 싱가포르가 추진하는 버추얼 싱가포르르는 실제 도시와 똑같은 '디지털 트윈'을 사이버 공간에 구축하여 각종 시뮬레이션에 활용하거나 자율주행자동차 같은 미래 기기의 작동기반으로 제공하려 한다. 바야흐로 분절적 접근을 벗어나 도시 전체 차원에서 스마트시티를 추진하는 총체적 접근이 모색되기 시작한 것이다.

이처럼 스마트시티가 부분의 최적화에서 전체의 최적화로, 분절적 접근에서 총체적 접근으로 무게 중심을 이동하는 이유는 새로운 도시 구조를 만들어 지능기술의 잠재력을 최대한 활용하기 위해서다. 산업사회의 도시 구조와 운영시스템은 산업사회의 기술 패러다임에 맞게 도시가 진화한 결과였다. 대량생산 시스템을 지원하기 위해 도시 인구가 양적으로 팽창했고, 이를 효과적으로 수용하기 위해 중앙집중식 전력망, 대중교통체계, 매스미디어 등이 발전했다. 이런 산업시대의 도시 구조에 지능기술을 그대로 적용한다면 지능기술의 효과가 반감될 수밖에 없다. 예컨대 현재의 대중교통체계와 자동차 이용방식을 바꾸지 않고 자율주행자동차를 도입하면 운전사의 인건비를 절감하는 것 이상의 효과는 기대하기 어렵다.

스마트시티는 그 발전과정에서 보았듯이 당시의 대표적 기술에 맞게 도시운영체계도 부분적 혹은 대대적으로 개편해 왔다. 1990년대는 인터넷을 도시운영에 접목하면서 시민의 참여를 활성화했고, 2000년초에는 센서를 활용하면서 개별 서비스의 전달방식을 바꿨으며, 2010년 이후에는 데이터를 효과적으로 활용하기 위해 데이터 허브 등 새로운 플랫폼을 만들었다. 그리고 앞으로는 인공지능, 로봇, 가상현실 등 다양한 지능기술이 본격적으로 활용될 수 있는 단계에 진입하기 때문에 그에 맞게 도시의 구조와 운영방식을 바꿔 갈 것이다.

4. 스마트시티 아키텍처

산업시대의 도시 구조로는 지능기술의 활용을 뒷받침할 수 없기 때문에 앞으로 스마트시티는 새로운 도시구조를 발전시킬 것이다. 이 새로운 도시구조의 청사진이 바로 스마트시티 아키텍처다. 기존의 분절적 접근은 스마트시티의 전체 모습을 미리 설계하는 대신 부문별 스마트화 사업을 모아서 전체의 모습을

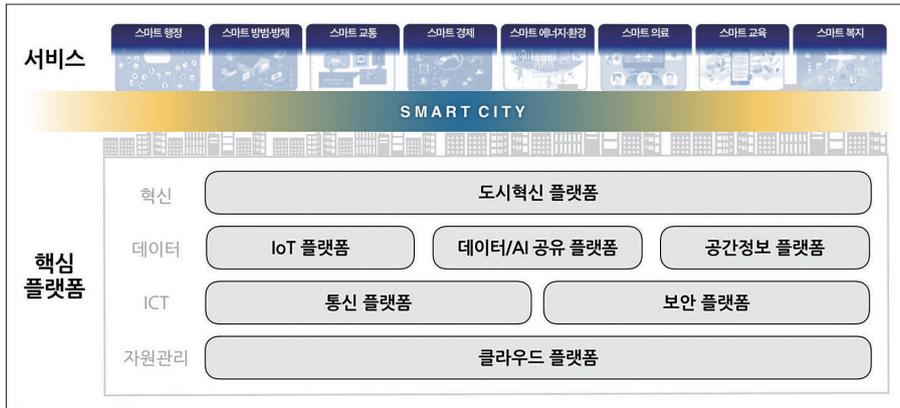


그림 1. 스마트시티 아키텍처

짜맞추는 방식을 취한다. 일종의 bottom-up 방식을 따르는 것이다. 하지만 이를 통해 전체의 최적화, 도시의 진화 등 스마트 시티가 지향하는 목표를 달성하는데는 한계가 있다. 앞으로 스마트 시티 구축에 적용해야 할 총체적 접근은 이와 달리 스마트 시티의 전체 모습, 스마트 시티의 공통기반 등을 미리 설계하고 미리 구축하는 top-down 방식을 취한다. 기획능력의 한계, 재원조달의 어려움 등 스마트 시티 아키텍처를 그리고 실현하는 것이 쉽지 않지만 그 만큼 많은 효과를 수반할 것으로 기대할 수 있다.

스마트 시티 아키텍처를 제대로 기획하려면 앞으로 많은 연구와 시범사업이 필요하다. 하지만 현재 단계에서 논리적으로 가능한 아키텍처를 그려보면 <스마트 시티 아키텍처> 그림과 같이 나타낼 수 있다. 이 그림이 시사하는 바는 첫째 스마트 시티 서비스를 지원하기 위해 도시 전체를 가로지르는 핵심 플랫폼이 존재해야 한다는 점이다. 이 핵심 플랫폼이 없다면 서비스별로 기반을 구축해야 해서 경제적 비용과 기술적 복잡성이 기하급수적으로 증가할 것이다. 둘째 자원관리의 기본으로 클라우드 아키텍처가 적용되어야 한다. 스마트 시티에서 생산되는 천문학적 규모의 데이터, 이를 분석하는데 활용되는 수없이 많은 알고리즘, 다양한 기기들을 실시간 연결하고 해제해야 하는 네트워크 등 스마트 시티의 자원수요를 감안할 때 클라우드 방식은 불가피한 선택이라 할 수 있다. 셋째 도시혁신을 촉진하는 플랫폼도 핵심 플랫폼에 포함되어야 한다. 도시혁신을 위해서는 재정적, 제도적 차원에서 많은 지원이 필요하기 때문이다.

스마트 시티 아키텍처와 관련하여 한 가지 주의할 점은 항상 개방성과 유연성이 보장되어야 한다는 점이다. 도시 차원의 아키텍처는 시스템 차원과 다를 수 밖에 없다. 시스템을 위해서는

아주 정교하게 고안되고 폐쇄적으로 운영되는 아키텍처가 효과적인 경우가 많다. 은행의 정보시스템이 개방적이고 유연한 아키텍처를 가지고 있다면 이로 인한 이점 보다 여기서 파생되는 문제점이 더 많을 것이다. 하지만 도시는 하나의 시스템과 비교하기에는 너무 크고 너무 복잡하다. 도시의 아키텍처를 폐쇄적이고 경직적으로 설계하고 운영한다면 아주 운이 좋으면 당초 목적인 안전성과 안정성을 확보할 수는 있지만 궁극적으로는 상황변화에 대응하지 못하고 붕괴하게 될 것이다. 이런 점에서 도시 차원의 아키텍처에 대한 기술력을 확보하려는 노력이 시급히 요구된다.

5. 결론

스마트 시티에 대한 분절적 접근은 큰 유혹이 될 수 있다. 스마트 시티를 위해 별도의 대형사업, 대규모 투자를 감행할 필요가 없기 때문이다. 부문별로 스마트화를 추진하면 이것이 궁극적으로 스마트 시티가 된다고 보기 때문에 위험을 여러 부문에 분산시킬 수 있고 재정부담도 따로 발생하지 않는다. 실제로 많은 나라, 많은 도시들이 분절적 접근을 취하고 있다.

하지만 지금까지 보았듯이 분절적 접근으로는 전체의 최적화나 도시의 진화를 이룰 수 없다. 부문별로 추진하는 스마트화 이외에 도시 전체의 기반 조성이 이루어져야 우리가 기대하는 스마트 시티를 만들 수 있다. 이를 위해 우리가 먼저 고민하고 풀어야 할 숙제는 우리가 지향하는 스마트 시티의 아키텍처를 그리는 일이다. 여기에는 많은 위험부담과 자원투입이 뒤따르겠지만 이를 성공시키면 훨씬 큰 효과를 기대할 수 있을 것이다. 세상에 공짜가 없듯이 스마트 시티도 공짜로 만들어지는 경우는 없을 것이다.