

# 환경기술과 정보기술 관점에서 바라본 세계 스마트시티의 형태적 진화

한주형<sup>1</sup>, 이상호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>MRDC 스마트시티연구센터, <sup>2</sup>한밭대학교 도시공학과

## Morphological Evolution of World Smart City in View of Environment Technology and Information Technology

Ju-Hyung Han<sup>1</sup>, Sang-Ho Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Smart City Research Center, MRDC, <sup>2</sup>Department of Urban Engineering, Hanbat National University

**요약** 본 연구는 세계 스마트시티의 미래상을 위해 형태적 진화과정을 파악하는데 목적을 두고 있다. 주요 연구내용과 방법은 스마트시티에 융합된 환경기술과 정보기술을 4개 대륙과 우리나라로 나누어 비교하였다. 이를 통해 연관성 분석과 시기별 디바이스/기술의 융합개수 분석을 하였다. 분석 자료는 우리나라를 포함한 세계 32개 스마트시티 사례이고, 시기는 4개의 범위이다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 1기의 스마트시티는 환경의 보존, 기존도시의 고유형태 고수, 필요한 디바이스/기술을 충족하는 형태적 진화였다. 둘째, 2기의 스마트시티는 정보기술 중심 개발을 통한 형태적 진화였다. 셋째, 3기의 스마트시티는 정보기술의 고도화와 환경기술의 에너지생산 그리고 관련된 디바이스/기술이 융합된 형태적 진화였다. 넷째, 4기에는 모든 기술의 고도화 과정을 통해 융합, 소멸, 그리고 새로운 환경기술과 정보기술이 창조되는 형태적 진화였다. 결과적으로, 스마트시티의 형태적 진화는 환경기술과 정보기술 간의 차별적 개발이 아닌, 융합 형태의 유기적인 도시구조로 변화될 것이다. 더불어, 이러한 반복적인 기술의 융합과정을 통해 스마트시티의 형태는 계속해서 진화될 것이다.

**Abstract** This study aimed to find out the morphological evolution process for future vision of world smart city. The contents and methods of study was divided and compared by 4 continents and Korea focused on the convergence numbers of ET and IT in smart city and did correlation analysis and analysis of convergence number in device/technology by periods. The analysis materials were 32 cases of smart city in whole world and times were 4 periods. The results of study were listed below. First, the smart city in period 1 was morphological evolutions preserved environment and kept natural form of existing city and filled up device/technology. Second, the smart city in period 2 was morphological evolutions through ET-centric development. Third, the smart city in period 3 was morphological evolutions through advancement of ET and device/technology related to production of energy. Forth, the smart city in period 4 was morphological evolutions fusing, dissipating and creating new ET and IT through the advancement process of all technologies. In conclusion, morphological evolution of smart city will change systematic city structure of convergence form, not each discriminating development between ET and IT, and the forming of smart city will be evolved by repetitive convergence process of technologies continually.

**Keywords** : Convergence, Environment Technology, Information Technology, Morphological Evolution, Smart City

\*Corresponding Author : Sang-Ho Lee(Hanbat National Univ.)

Tel: +82-042-821-1191 email: lshsw@hanbat.ac.kr

Received March 14, 2019

Revised April 12, 2019

Accepted June 7, 2019

Published June 30, 2019

## 1. 서론

세계는 스마트시티(Smart City)를 중심으로 도시가 진화되고 있다. 스마트시티는 대부분 정보통신기술(ICT)을 기반으로 개발되고 있으나, 점차 그 기술들이 세분화되고 있다. 현재의 스마트시티는 환경기술(ET : Environment Technology)과 정보기술(IT : Information Technology)을 중심으로 개발되고 있다[1]. 환경기술과 정보기술은 개별적 진화가 아닌, 환경·정보기술(ET·IT : Environment·Information Technology) 융합으로 점차 변화하고 있다[2]. 그러나 어떻게 형태적인 개발로 진화하고 있는지 객관적인 연구가 전무하다. 향후, 형태적 진화와 미래상을 예측하기 위해서 디바이스/기술, 아티팩트, 그리고 스마트시티 간의 융합과정을 구체적으로 연구해야 할 것이다. 따라서 본 연구는 세계 스마트시티의 형태적 진화과정을 파악하는데 목적을 두고 있다. 이를 위해, 환경기술과 정보기술의 관점에서의 융합과정을 분석하였다.

주요 연구내용과 방법은 다음과 같다. 2장에서는 스마트시티, 환경기술, 정보기술, 환경·정보기술의 개념을 파악하고, 스마트시티의 개발현황과 트렌드를 고찰하였다. 3장에서는 스마트시티에 융합된 환경기술과 정보기술을 4개 대륙(유럽, 아메리카, 아시아&오세아니아)과 우리나라로 나누어 비교 하였다. 각 사례에 따른 기술의 연관성을 5점 척도 기준으로 정성분석 하였다. 4장에서는 2장의 이론적 고찰에서 제시한 132개의 디바이스/기술을 바탕으로 4개 공간위계(지구, 가로, 건물, 시설)의 형태적 진화 현황을 정량분석 하였다. 구체적으로 위에서 언급한 4개 시기별 디바이스/기술의 융합개수를 분석하였다. 시기는 4개(시기 1 : 1972~1999, 시기 2 : 2000~2009, 시기 3 : 2010~2017, 시기 4 : 2018~2019)로 분류하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 스마트시티의 개념과 진화

스마트시티는 정보통신기술을 중심으로 언제 어디서나 어떤 기기를 통해서 정보를 받을 수 있는 미래형 첨단 도시이다. 형태적으로는 전통도시, 유시티(U-city), 저탄소녹색도시가 통합된 도시라 정의하고 있었다. 기술적으로는 정보통신기술중심 도시로 지능화 된 첨단의 도시

를 지칭하고 있었다. 스마트와 도시의 단순한 합성어가 아닌 도시를 스마트 하게 만드는 과정인 것이다[3]. 현재 스마트시티 개념은 정보통신기술 중심의 개발과 친환경 녹색도시 개발을 목적으로 진행되고 있었다. 보다 구체적인 스마트시티 개념과 진화를 살펴보기 위해 이론적 측면에서 고찰해 보았다. 첫째, 초기 스마트시티는 사람을 포함한 현실 공간에 존재하는 대상을 중심으로 시작되었다. 기능적·공간적으로 연결해 사용자에게 필요한 정보나 서비스를 즉시 제공할 수 있는 기반기술로 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)이론을 정의했었다[4,5].

둘째, 유비쿼터스 컴퓨팅 기반으로 한 유시티는 서비스, 기술, 인프라, 관리가 공간에 통합되는 다층형 유시티(Multi-Layered U-city) 이론으로 진화되었다. 이는 지능형 공간과 서비스 간 연계를 중시하는 이론으로 주장되고 있었다. 세부적으로는 아티팩트(Artifact)를 중심으로 디바이스/기술(Device/Technology), 서비스 콘텐츠(Service/Content)등을 적용하는 이론이었다[1,8,9].

셋째, 2010년 이후 유시티는 정보기술 개발뿐만 아니라, 환경기술을 동시에 고려한 스마트시티로 개념으로 진화하였다. 그러나 스마트시티 이론은 환경기술과 정보기술이 개별적인 기술융합으로 변화하고 있었다. 향후 환경기술과 정보기술이 융합된 환경·정보기술 중심으로 진화할 것이라 예측하고 있었다[1,2,11].

종합해보면 스마트시티 이론의 진화는 초기에 공간을 기능적·공간적으로 연결해 정보·서비스를 운영하는 방식으로 시작하였다. 이후, 대상물은 서비스, 기술, 인프라, 관리의 시스템이 공간 내에 융합되어 지능형 공간과 서비스 간에 연계를 한층 더 업그레이드 하는 시스템으로 구축되고 있었다. 현재 환경기술과 정보기술의 주요개발 키워드로 서비스, 인프라, 관리 시스템이 유기적인 형태로 진화하고 있었다. 또한, 각 지역과 도시에 적합한 정체성(Identity)을 구축해 진화하고 있었다. 결국, 스마트시티의 형태적 모습은 환경기술과 정보기술이 융합된 공간 형태로 진화 할 것이라 예상하고 있었다.

### 2.2 환경기술, 정보기술, 환경·정보기술 고찰

스마트시티를 구성하는 주요기술은 환경기술, 정보기술, 환경과 정보기술이 융합된 환경·정보기술 3가지로 분류할 수 있었다[1,2]. 환경기술은 생태 중심, 기술 중심, 인간사회 중심의 관점에서 개발되며 지구환경 자원(태양, 물, 바람, 식물)의 효율적 이용과 에너지 창출, 자연환경

과 생태계 보호, 지구환경(기후, 공기, 물, 토지)의 질 개선 및 예방·관리를 위한 기술로 정의하고 있었다[6]. 정보 기술은 이론적으로 서비스, 기술, 인프라, 관리를 중심으로 개발되었다. 또한, 전기통신기술, 방송기술, 컴퓨팅(정보처리, 컴퓨터 네트워크, 하드웨어, 컴퓨터, 소프트웨어, 멀티미디어)통신망 기술, 정보의 활동(수집, 가공, 저장, 검색, 송신, 수신)에 관한 기술로 정의하고 있었다[7,8].

환경·정보기술은 그린 컴퓨팅(Green Computing), 그린 아이티(Green IT)를 대표적인 이론적 키워드로 정의 하고 있었다. 그린 아이티는 환경을 의미하는 녹색과 정보통신기술의 합성어로 아이티 부문의 녹색화(Green of IT)와 아이티 융합에 의한 녹색화(Green by IT)에 관한 기술로 정의하고 있었다[10]. 환경·정보기술은 건축과 도시에 융합 된 사례와 그에 따른 물리적, 공간적 측면의 기법들이 아직까지는 미미하였다. 그러나 점차 스마트시티 개발의 주요 트렌드가 될 것이라 예상하고 있었다.

스마트시티를 구성하는 주요기술 3가지를 중심으로 형태적 측면에서 고찰해보면 다음과 같은 사례들을 제시 할 수 있었다. 환경기술 중심 스마트시티 형태는 다음과 같다. 자연환경친화적인 도시사례로 가든시티(Garden City), 그린시티(Green City), 에코시티(Ecological City) 등이 있었다. 도시전반의 환경개선과 유기적인 공간계획 구성을 목표로 하는 도시사례는 뉴 어바니즘(New Urbanism), 컴팩트시티(Compact City), 아르콜로지(Arcology City)가 있었다. 대기와 온도의 한계를 극복하고 개선하는 도시사례로는 탄소제로도시(Carbon Zero City) 탄소저감도시(Carbon Low City), 탄소중립도시(Carbon Neutral City) 등이 있었다[1,2,12].

정보기술 중심의 스마트시티는 다음과 같다. 정보통신 기술을 기반으로 개발된 도시사례로 Virtual City(Martin, 1978), Information City(Hepworth, 1987), Wired City(Dutton, 1987), Knowledge Based City(Knight, 1989), Tele-City(Fathy, 1991), Intelligent City(Latterasse, 1992), Network City(Batten, 1993), Cyber-ville(Won Schuber, 1994), City of Bit(Mitchell, 1995), 그리고 Ubiquitous Computing(Weiser, 1993) 중심으로 개발된 기술 중심 유시티(Technology Oriented U-city)가 제시되고 있었다[1-3,11].

환경·정보기술 중심의 스마트시티는 아직까지 국내·외 모두 환경기술과 정보기술을 융합한 스마트시티 개발로 진행 중에 있었다. 세계의 트렌드는 그린·스마트 시티(Green·Smart City)를 주제로 다양한 개발방향을 논의 하고 있었다. 또한, 유-에코시티(U-eco city)는 자유로

운 네트워크가 가능한 유비쿼터스 기술과 친환경기술을 접목하여 쾌적하고 편리한 21세기형 첨단도시 개발을 목표로 하고 있었다. 2008년 건설교통부가 주관하여 건설 교통미래기술위원회를 열고 유-에코시티와 스마트 하이웨이(Smart Highway)등 건설교통 미래사업 시범지역을 선정하였다. 그 외에 버스&철도 스테이션 공간, TOD 공간, 역사문화공간을 제시하고 있었다[1,2,11].

### 2.3 세계 스마트시티 개발현황과 트렌드

위에서 언급 했듯이 세계 스마트시티의 개발현황은 환경기술 측면 그리고 정보기술 측면으로 분류되었다. 구체적인 사례연구를 살펴보면 디바이스/기술을 도출하기 위한 사례연구가 있었다. 그 중 대표적인 연구사례로 국외 사례 20개 (유럽 11개, 아메리카 4개, 아시아&오세아니아 5개) 국내사례 12개 총 32개를 분석한 공간적 측면의 연구가 있었다[1].

사례를 분석한 결과 Table 1과 같이 환경기술에서 총 83개의 디바이스/기술이 도출되었다.

Table 1. Device/Technology Index of ET and IT

Classified device/technology of ET and IT					
ET	Eco-Friendly	Energy	Low-Carbon	-	
83	23	39	21		
IT	Sensing	Network	Interface	Processing	Security
51	6	10	28	1	6
Total : 134					

대표적인 분류 항목은 자연 친화, 에너지, 저탄소 3개 항목으로 분류되었다. 정보기술은 총 51개의 디바이스/기술이 도출되었다. 대표적인 분류 항목은 센싱(Sensing), 네트워크(Network), 인터페이스(Interface), 프로세싱(Processing), 보안(Security)등 5개 항목으로 분류되었다[1]. 이렇게 분류된 환경기술과 정보기술은 계속해서 각각의 디바이스/기술로 진화하고 있었고 세부기술에 따라 소멸, 융합 그리고 소생하는 과정으로 발전하고 있었다[2,11].

스마트시티의 디바이스/기술이 적용된 공간위계는 페리의 근린주구 면적 내 지구(District), 가로(Street), 건물(Building), 시설(Facility)등 총 4개로 분류하고 있었다. 지구는 도시의 면적인 공간으로 설정하고 있었다. 가로는 선적인 공간 그리고 건물은 필지를 포함한 내부, 외부, 사이 공간 등, 사적인 점적인 공간으로 설정하고 있었

다. 시설은 공공의 점적인 공간으로 분류 하고 있었다. 위의 4가지 공간위계는 현재 스마트시티를 구성하는 공간 위계의 기초적인 틀로 활용 중에 있었다. 세부적인 공간 위계는 22개 기능 공간으로 분류 하고 있었다. 그에 따른 분류기준은 국토의 이용 및 계획에 관한법률(국계획) 시행령 제2조 1항 기반시설 및 세부사항에서 제시한 도시 공간의 기능별 시설구분 항목을 중심으로 분류하고 있었다[1].

스마트시티 개발 트렌드는 정보통신기술로 시작된 모습뿐만 아니라, 어떻게 디바이스/기술들이 생성되고, 도시를 주도하는 주요요소가 어떻게 되었는지 세부적으로 살펴볼 필요가 있었다. 그를 위해 구체적인 시기별 분류 체계에 따른 트렌드 분석이 필요하였다. 시기별 분류체계를 구축하기 위한 기준은 1972년부터 2019년으로 설정하고 있었다. 설정기준은 세계의 메가트렌드와 사회적 이슈(Social Issues)를 통해 시기별로 분류되고 있었다.

시기별로 나타난 세계 이벤트를 살펴보면, 1972년부터 1999년까지 스톡홀름 회의, 세계인간환경회의, 에너지오일쇼크, 리우선언, 세계기후변화당사국총회, 교토 의정서 등 다양한 환경에너지 문제가 이슈화 되었다. 2000년부터 2009년까지는 다보스포럼, UN AGENDA, 세계기후 협약 등을 통한 환경, 에너지와 더불어 기후에 대한 관심이 고조 되었다. 2010년부터 현재(2019년)까지는 스마트계량실행법, EIP-SCC, 스마트에너지인프라법제도, 정보경제 전략제도, 에너지전환법, 스마트네이션프로젝트제도, 스마트시티 4대 정책전략, 스마트시티 통합법, SIASS 등 환경, 에너지, 기후를 어떻게 첨단기술의 디바이스와 기술로 해결할지 고민하는 시기로 접어들고 있었다 [1,11]. 이러한 스마트시티 개발 트렌드 변화의 시계열과정 속에서 개발 특징, 상황 그리고 적용된 디바이스/기술을 분석하는 것은 큰 의미가 있을 것이다.

따라서 다음 장에서는 보다 구체적인 스마트시티의 디바이스/기술을 살펴보고 그에 따른 적용빈도를 파악하였다. 이를 통해 환경기술, 정보기술 그리고 환경과 정보가 융합된 환경·정보기술과의 연관성을 분석하여 스마트시티의 개발트렌드에 대한 정확한 현황을 파악하고자 하였다.

### 3. 사례분석

#### 3.1 사례분석 방법 및 틀

환경기술, 정보기술을 중심으로 개발된 스마트시티의

디바이스/기술이 사례에 어떻게 융합되었는지 파악하기 위해 상호간의 연관성 평가(정성분석)를 하였다. 우선 2장에서 도출한 32개 사례에 융합된 134개 디바이스/기술을 거시적으로 파악하였다. 그러나 심층적인 사례의 객관성과 정확도를 높이기 위해 환경기술과 정보기술에 관련된 객관적 지표와 기준을 재설정 하였다. 따라서 그와 관련된 참고문헌[12-15]을 중심으로 기법과 디바이스/기술의 인덱스를 재검토 하고 정성분석의 평가기준 틀로 설정 하였다. 위의 적용범위를 토대로 관련 디바이스/기술의 적용여부와 스마트시티 구축 완성도, 각 기술 간의 유기적인 정성평가의 연관성 등과 관련된 개수 평균값을 고려하여 5점 척도(연관성 아주 높음 : ●, 높음 : ●, 보통 : ●, 거의 없음 : ●, 없음 : ○)로 평가분석 하였다.

#### 3.2 사례분석 : 세계 스마트시티 사례와 디바이스/기술 간의 연관성 평가분석

사례분석 결과 Table 2와 같은 내용을 도출 할 수 있었다. 유럽사례는 1980년부터 2002년 이전에 대부분 환경기술 중심 개발로 기후보호, 친수자연환경, 에너지 효율성&절약&생산 등의 목적을 중심으로 개발되었다. 주요 디바이스/기술은 식재(생태보존, 공기정화)와 같은 친환경 공간구축 사례가 있었다. 에너지생산을 위해 태양광 패널, 축전지는 대부분 적용되고 있었다. 그것을 자동화하기 위한 센서 그리고 관리하기 위한 와이파이(WI-FI)는 2010년 이후에 지속적으로 융합되는 환경·정보기술로 나타나기 시작하였다. 아티팩트 역시 대부분 에너지생산, 패시브(Passive) 시스템, 재활용 공간개발에 주력하였다. 결국, 2010년을 기점으로 대부분 사물인터넷 서비스(IoT Service), 정보전달 관련 아티팩트를 창조하여 환경기술 주도에서 정보기술과 환경기술이 융합된 개발로 진화하고 있었다. 특히, 06번 프랑스 사례의 경우 정보기술과 환경기술이 융합된 개발로 추진되면서 기술개발 빈도는 낮아지고 있었다.

아메리카는 2000년 후반부터 2015년 사이에 정보기술 중심의 스마트교통, 방법문제 해결 및 정보서비스에 관한 다양한 개발을 목표로 추진하고 있었다. 적용된 대부분의 디바이스/기술은 컴퓨팅, 와이파이(WI-FI)를 기반으로 자동화 시스템이 진화하고 있었다. 이후, 정보기술 중심의 사물인터넷, 클라우드(Cloud), 센서가 융합된 자동화의 고도화로 진화 하고 있었다. 미국은 미미한 환경기술과 정보기술의 융합이 나타나고 있었다. 또한, 방대한 토지 공간 관리를 위해 정보기술을 중심 고도화 된

Table 2. Correlation Analysis between Smart City Cases and Device/Technology  
(Very high : ● High : ● Normal : ○ Low : ○ Correlation-less : ○)

Case Name/ Country	Development Purpose	Tendency Types			
		ET	IT	ET+IT	
01	Green City(Germany)	Climate protection, Energy efficiency improvement	●	○	○
02	Hammarby(Sweden)	Waterfront Space, Eco-City of Resource circulation	●	○	○
03	Wilhelmsburg(Germany)	Eco-Friendly Energy City	●	○	○
04	BedZED(England)	Energy efficiency and Saving	●	○	○
05	Wind City(Germany)	Atmosphere environment improvement	●	○	○
06	Fort d'Issy(France)	Convergence between historical space and eco-friendly space	○	○	●
07	Hafen City(Germany)	Construction of Smart Harbor	○	●	○
08	Smart work center(Holland)	Construction of Smart Work Place	○	●	○
09	22@Barcelona(Spain)	Increasing of information service and Saving the energy	○	●	○
10	Bio-gas Boat(Holland)	Energy utilization through mobile space	○	○	●
11	City tree(Germany)	Air refresh in Urban&Environment information delivery	○	○	●
12	Boston smart city(USA)	Smart traffic and crime prevention management	○	●	○
13	Pena Station Project(USA)	Minimizing of information service	○	○	○
14	IQ Smart city(Mexico)	Seeking the solution about atmosphere and traffic Problem	○	○	●
15	CCD Project(Mexico)	Sensor of city Construction	○	●	○
16	Thianjin smart city(China)	Eco-friendly of environment resource preservation	○	○	●
17	IFT city(India)	lectricity and water supply facilities construction, Solution of traffic problem, Information Urbanism	○	●	○
18	Masdar city(UAE)	Urban zero system construction	○	●	●
19	SST(Japan)	Eco-friendly energy system and self-reliance village construction	○	○	●
20	Central park mall(Australia)	Eco-environment building system construction	○	○	●
21	Nam-ak new town(Mokpo)	co-system preservation and Construction of High Technology City	●	○	○
22	Sang-am DMC(Seoul)	Information media cluster of future construction	○	●	○
23	Bukchon Korean traditional town(Seoul)	Construction of smart space	○	●	○
24	Illegal parking information service(Koyang)	Immediate management about Illegal parking	○	●	○
25	Smart crosswalk system(Busan)	Smart information system for pedestrian's safety	○	●	○
26	Smart disease control system (Koyang)	Construction of decrease of mosquito system	○	●	○
27	Smart library service system(Koyang)	Smart system for reading revitalization	○	●	○
28	Management service of dis-advantaged citizen(Busan)	Real-time smart system of reaction system construction for advantaged citizen	○	●	○
29	Mobile CCTV service system (Seoul)	crime prevention and arrest rate increase and regional information advanced	○	●	○
30	Smart disaster and safety Control system (Busan)	Construction of smart disaster prevention service	○	●	○
31	Smart atmosphere measuring system (Koyang)	Construction of atmosphere measuring system	○	●	○
32	Real time water-purity control system for fountain(Koyang)	Construction and management of smart water quality information system	○	●	○

스마트시티를 개발하고 있었다. 멕시코와 같은 중진국은 초기 스마트시티 개발이 환경기술과 정보기술이 융합된 방향으로 진행되었으나, 정보기술을 중심으로 다시 개발 방향을 변경하여 진행하고 있었다.

아시아&오세아니아는 정치적, 사회적 문제와 이슈에 따라 다양한 개발목표를 중심으로 변화하고 있었다. 특히, 인도는 상시전력&상수체계, 아랍에미리트는 도시의 제로(Zero)화, 중국은 에너지 자원보존 등 환경기술과 정보기술이 융합된 개발형태로 진화하고 있었다. 적용된 디바이스/기술과 아티팩트를 살펴보면 세계 개발 트렌드를 근간으로 국가적 개발목적과 이슈 따라 환경기술과 정보기술 융합이 차별적으로 진행 되고 있었다. 인도를

제외한 대부분 국가에서는 환경기술과 정보기술이 융합된 방향으로 개발이 추진되고 있었다. 인도는 스마트시티를 금융과 무역 중심 개발목표로 하고 있었다. 대부분 정보기술에 관한 다양한 디바이스/기술 그리고 인프라가 개발되고 있었다.

한국은 정보기술 중심의 도시개발이 진행되고 있었다. 그러나 정보기술 중심으로 한정된 디바이스/기술과 아티팩트 적용개발이 되는 것은 아니었다. 인간과 사물(Human to Object), 사물과 사물(Object to Object), 인간과 인간(Human to Human)을 연결하는 인터랙티브 공간(Interactive Space)개념을 중심으로 변화하고 있었다. 그에 따라 3D가상공간, 증강현실, 터치스크린,

센서 월(Sensor Wall)과 같은 다양한 디바이스/기술이 도시의 벽, 천정, 바닥 등으로 융합되고 있었다. 환경기술에서는 대부분 에너지생산을 목적으로 인프라가 개발되고 있었다. 특히 2019년 기준, 스마트시티 개발지역은 에너지생산 시설을 필수적으로 적용하는 계획을 추진하고 있었다.

위의 내용을 종합해보면 다음과 같다. 디바이스/기술의 항목을 중심으로 분석해 보면 대부분 컴퓨팅, 와이파이, 센서 등, 자동화 디바이스/기술이 모든 공간에 융합되어 변화하고 있었다. 2010년 이후, 센서, 사물인터넷, 클라우드 등, 자동화 디바이스/기술 고도화로 변화하였다. 더불어, CCTV를 통한 도시문제의 정보교류, LED 조명을 통한 에너지 절약 등이 활성화 되고 있었다. 에너지 생산 부분에서는 대부분 태양광시스템을 적용하고 있었다. 에너지 생산을 높이기 위해 2010년 이후에는 집광기, 헬리오-스탯(Helio-stats)과 같은 디바이스/기술이 융합 되었다. 또한, 순수한 자연 에너지 요소(풍력, 지열, 수력)를 활용한 복합적 에너지 생산 시스템으로도 변화하고 있었다. 정보통신기술은 기존의 단편적인 와이파이 적용에서, 각 공간별로 요구되는 최적의 정보통신기술 시스템 적용으로 변화하였다. 결과적으로, 세계의 스마트시티는 환경기술과 정보기술이 융합되고 그에 따른 새로운 디바이스/기술이 계속해서 창조되고 있음을 파악 할 수 있었다. 그러나 이러한 융합과정 동안 환경기술과 정보기술 각각의 정체성이 소멸되는 되었다. 그러나 개별적으로 더욱 진화되어야 하는 디바이스/기술의 경우 초기개발 기술을 근간으로 계속해서 고도화되고 있었다.

## 4. 세계 스마트시티의 형태적 진화

### 4.1 분석의 틀

본 장에서는 3장의 디바이스/기술과 스마트시티 사례의 연관성 평가분석 결과를 바탕으로 형태적 진화를 심층적으로 분석하는데 목적을 두고 있다. 구체적으로 공간적 개념에서는 어떻게 변화하고 있는지 분석하였다. 분석 방법은 2장의 이론적 고찰에서 제시한 스마트시티 분석의 공간위계 지구, 가로, 건물, 시설을 중심으로 분석하였다. 또한 세부적인 항목은 각 공간에 적용된 22개의 세부 공간을 중심으로 어떻게 정보기술과 환경기술 공간이 융합되었는지 시기별로 분류 하였다.

분류기준은 2장 이론적 고찰에서 제시한 시기(1기 :

1972~1999, 2기 : 2000~2009, 3기 : 2010~2017)와 더불어 2019년 현재까지 개발된 형태적 진화의 모습을 4기(2018~2019)로 설정하였다. 새롭게 설정한 4개의 시기를 중심으로 공간위계 별 항목에 환경기술, 정보기술, 환경·정보기술을 기준으로 아티팩트에 적용된 디바이스/기술 개수를 코딩하였다. 코딩방법은 시기별적용개수를 중심으로 분석하였다. 또한, 시기에 따른 신규 디바이스/기술과 이전시기의 디바이스/기술을 동시에 코딩하였다.

그러나 공간위계별 적용된 디바이스/기술은 지구, 가로, 건물, 시설 각각의 기능별 적용기준이기 때문에 중복 코딩 하지 않았다. 예를 들어 2기(2000~2009년)에 2개(컴퓨팅, WI-FI)로 코딩한 것을 3기(2010~2017년)에 3개(컴퓨팅, WI-FI, 센서)로 중복코딩 하여 지속적인 누적 적용 증가량과 시기별 변화차이를 분석하였다. 공간위계의 경우 예를 들어 지구 내에 가로, 건물이 포함되지만 포함내용을 제외한 순수 지구내의 기능별 시설에 적용된 디바이스/기술을 코딩하여 지구 내 가로, 건물, 시설의 개수와는 별개로 개수산정 하였다. 세부적인 기능별 공간 위계도 동일한 방식으로 분석하였다. 각 공간별 적용기준은 스마트시티 개발성향, 디바이스/기술의 연관성 및 적용 현황 등을 파악하여 코딩하였다.

### 4.2 형태적 진화 분석

세계 스마트시티 공간의 형태적 진화를 분석한 내용을 종합해 보면 Table 3과 같다. 유럽은 전반적으로 1기~3기까지 급속도로 스마트시티 진화가 진행되었다. 1기~2기 사이에는 가로(6.1%→19.2%)와 건물(7.8→21.9%)이 3배수 이상, 2기~3기 사이에는 대부분 2배수 이상의 다양한 진화가 나타나고 있었다. 지구는 4기인 현재까지도 타 공간에 비해 진화가 활발하게 진행되고 있었다. 반면, 시설은 초기에 부족한 여건을 시작으로 계속해서 3기까지 증가하고 있었으나, 4기로 접어들면서 감소(39.7%→36.5%)하고 있었다. 전반적으로 유럽은 4기에 접어들면서 개발이 미미해지고 있다. 그 원인은 디바이스/기술이 급속도로 발전함에 따라, 융합과 소멸을 통해 진화되기 때문이었다. 환경기술과 정보기술의 적용빈도를 비교했을 때, 환경기술 보다 정보기술 적용이 타 대륙에 비해 늦게 진화되고 있는 경향이 있었다. 원인은 오래된 고문문화 공간보존을 베이스로 개발되고 있기 때문에, 새롭게 창조되는 디바이스/기술에 대한 적용 가능성이 다소 제한되고 있었다. 대신 지구에서는 타 공간보다 많은 변화의 모습을 보이고 있었다. 그 원인은 건물과 시설 보

다는 공간범위가 넓고 개발 시 제약사항에 대한 항목이 적기 때문이었다.

아메리카는 1기에 전혀 진화가 없었으나, 지구와 건물을 제외한 가로와 시설에서 진화가 있었다. 2기~3기에 가로(4%~)24.7%)와 시설(7.6%~)32.7%)은 급속한 디바이스/기술 융합이 나타나고 있고, 건물(0%~)17.6%)에서도 진화가 나타나고 있었다. 4기에는 가로(24.7%~)71.4%), 건물(17.6%~)82.4%), 시설(32.7%~)59.7%) 모두 다수의 디바이스/기술 적용을 통해 급속한 진화를 거듭하고 있었다. 아메리카에서는 유럽과 다른 진화의 현상을 보이고 있었다. 융합에 따른 소멸 진화의 모습이 유럽의 변화의 과정이라면, 아메리카는 대부분 방대한 국가면적을 중심으로 지구, 가로가 급속하게 발전하고 있는 모습이었다. 거대공간을 바탕으로 적용해야 하는 다양한 신기술들이 신속하게 적용되어 체계적인 스마트시티의 모습을 구축하고 있었다. 그에 따라 건물과 시설에는 계속해서 적용해야 하는 디바이스/기술들이 계속해서 증가하고 있음을 알 수 있었다. 주요 적용기술을 살펴보면 대부분 정보기술 중심으로 진화되고 있었다. 일부 환경기술의 경우 에너지생산을 위한 환경기술에 정보기술이 융합되는 환경과 정보가 융합된 환경·정보기술로 진화하고 있었다.

아시아&오세아니아는 아메리카와 동일하게 1기에 진화가 전무하였다. 2기부터 본격적으로 스마트시티 개발

이 시작되었고, 3기까지 계속해서 급속한 진화를 거듭하고 있었다. 특히, 가로(20.1%~38.6%)와 건물(17.1%~)40.9%)은 약 2배수 이상의 형태적 진화의 모습을 보이고 있다. 대부분 유럽과 아메리카와 같은 선진국에서 개발된 디바이스/기술을 적용하는 방식으로 동남아시아와 중국에서는 정보기술 중심으로 진화되고 있었다. 그러나 일본은 대부분 에너지생산 관련 환경기술이 도시 공간형태를 만들고, 그에 따른 정보기술이 보조적으로 융합되어 진화하고 있었다. 4기에는 2~3기의 급속한 진화와 비교했을 때, 변화가 미미하였다. 원인은 동남아시아와 중국, 인도는 사회경제 이슈, 자본력에 따른 영향으로 개발이 미뤄지고 있기 때문이었다. 그러나 두바이, 일본은 사회이슈와 관계없이 계속해서 에너지와 환경보호 중심 스마트시티 형태로 발전하고 있었다.

한국은 1기에 진화가 전무하였다. 그러나 2기~3기에는 아시아&오세아니아와 거의 흡사한 진화의 모습을 보이고 있었다. 그 중, 지구(15.2%~)36.6%)와 가로(20.5%~)35.9%)는 급속한 형태적 진화가 나타나고 있었다. 4기에도 여전히 지구(36.6%~)48.2%)와 가로(35.9%~)43.6%)가 지속적인 진화가 나타났지만, 건물(39.3%~)38.7%)과 시설(42.9%~)39.2%)에서는 유럽과 동일하게 조금씩 디바이스/기술의 적용빈도가 낮아지고 있었다. 이는 정보기술의 고도화를 통한 기술과 기술의

Table 3. Morphological Evolution of Cases from 1972 to 2019 (Unit : application number per space factor)

Continents and Korea	Four Factors	Period 1 (1972~1999)	Period 2 (2000~2009)	Period 3 (2010~2017)	Period 4 (2019)	Total
EU	District	55(9.8%)	98(16.7%)	191(32.6%)	242(41.3%)	586(100%)
	Street	22(6.1%)	69(19.2%)	122(34%)	146(40.7%)	359(100%)
	Building	43(7.8%)	120(21.9%)	188(34.3%)	197(35.9%)	548(100%)
	Facility	14(7.4%)	31(16.4%)	75(39.7%)	69(36.5%)	189(100%)
America	District	0(0%)	0(0%)	0(0%)	16(100%)	16(100%)
	Street	0(0%)	9(4%)	56(24.7%)	162(71.4%)	227(100%)
	Building	0(0%)	0(0%)	9(17.6%)	42(82.4%)	51(100%)
	Facility	0(0%)	13(7.6%)	56(32.7%)	102(59.7%)	171(100%)
Asia & Oceania	District	0(0%)	53(20.1%)	102(38.6%)	109(41.3%)	264(100%)
	Street	0(0%)	32(21.2%)	57(37.7%)	62(41.1%)	151(100%)
	Building	0(0%)	44(17.1%)	105(40.9%)	108(42%)	257(100%)
	Facility	0(0%)	20(22%)	33(36.3%)	38(41.7%)	91(100%)
Korea	District	0(0%)	55(15.2%)	133(36.6%)	175(48.2%)	363(100%)
	Street	0(0%)	85(20.5%)	149(35.9%)	181(43.6%)	415(100%)
	Building	0(0%)	33(22%)	59(39.3%)	58(38.7%)	150(100%)
	Facility	0(0%)	10(17.9%)	24(42.9%)	22(39.2%)	56(100%)
Total	District	55(4.1%)	223(16.6%)	467(34.8%)	597(44.5%)	1342(100%)
	Street	22(2%)	195(16.9%)	384(33.3%)	551(47.8%)	1152(100%)
	Building	43(4.3%)	197(19.6%)	361(35.9%)	405(40.2%)	1006(100%)
	Facility	14(2.8%)	74(14.6%)	188(37.1%)	231(45.5%)	507(100%)

융합으로 소멸되는 기술과 새롭게 생성되고 융합되는 기술들이 계속해서 진화하고 있는 것이다. 대표적으로 정보통신기술 중 5G기술에 따른 모든 인터페이스와 센서 컴퓨팅 등이 공간에 융합되었을 때 다양한 형태의 진화가 나타나고 있었다.

위의 내용을 종합 보면 다음과 같다. 세계의 스마트시티의 형태적 진화는 지구, 가로, 건물, 시설 모두 계속해서 변화하고 있었다. 1기~2기에는 거의 대부분 급속한 형태적 변화가 나타나고 있었다. 이 시기에는 정보기술 중 인터넷과 같은 정보통신기술이 개인으로 보급되고, 그에 따른 다양한 디바이스/기술이 융합된 아티팩트가 나타나게 되는 시기였다. 이러한 아티팩트들은 각 스마트시티의 위계 공간 안에 필요한 콘텐츠/서비스에 따라 형태적으로 진화하고 있었다. 2기~3기에는 인터넷의 진화(무선인터넷)와 체계적인 자동화 관리, 그리고 운영 시스템을 구축하기 위한 센서개발이 활성화 되었다. 특히, 지구와 가로공간에서는 다양한 센서그리드를 바탕으로 도시운영에 관한 스마트인프라를 구축하고 있었다. 3기~4기에는 다소 1기~3기의 형태적 진화에 비해 미미한 현상을 보였다. 이는 각 기술의 고도화를 통한 융합, 소멸 그리고 새롭게 창조되는 정보기술과 환경기술의 융합이 나타나고 있는 시기이기 때문이었다. 더불어, 고도화된 정보기술의 원동력인 에너지 보급을 위해 다양한 환경기술 개발이 현실에서 더욱더 강조되어 각 공간위계 안에서 진화하고 있었다.

## 5. 결론

지금까지 분석한 내용을 종합해보면 다음과 같다.

첫째, 1기의 스마트시티는 환경보존을 근간으로 기존 도시의 고유형태를 고수하는 형태적 진화였다. 대부분 지구 내 공원, 녹지, 유원지, 공공공지에서 스마트시티 개발을 위한 기술과 서비스가 융합되어 인프라 형태로 나타나고 있었다. 그러한 현상이 도시 분위기를 형성하고 진화하게 하였다. 하지만 모든 시설의 기반은 환경기술을 중심으로 모습이 진화하고 있었다.

둘째, 2기의 스마트시티는 정보기술 중심 개발을 통한 형태적 진화였다. 정보기술을 필두로 관련 인프라가 급속하게 나타나는 시기였다. 인터넷정보통신, 센서, 컴퓨팅을 필두로 모든 도시 인프라의 형태를 컴팩트(Compact)하게 구축하고 최적의 공간을 바탕으로 최대의 정보를 확보하고 있었다. 이 시기는 서비스를 충족시키는 스마트

시티로 형태가 진화하고 있는 시기였다. 또한, 대부분 건물의 내부공간과 외부공간에서 다양한 기술과 서비스가 적용된 인프라로 스마트시티를 변화시키고 있었다. 스마트시티의 거시적 형태에서는 큰 변화는 없지만 정보기반의 도시를 구축하는 형태적 진화가 계속해서 나타나고 있었다. 건물외부의 경우, 정보통신시설과 센서, CCTV 등이 스마트시티를 진화시키는 주요요인 이었다.

셋째, 3기의 스마트시티는 정보기술의 고도화와 에너지생산과 관련된 환경기술이 융합된 형태적 진화였다. 이 시기는 다양한 정보통신기술이 강세를 보이고 있었으며, 점차 선(Line)적 통신에서 무선(Wireless) 그리고 클라우드(Cloud) 시스템으로 변화하고 있었다. 스마트시티 형태는 선형에서 점형 인프라 구조로 진화하고 있었다. 그에 따라 최적의 정보통신 기능 확보를 위한 에너지와 정보 그리드(Grid) 확보 등 일정 규격화에 따른 바닥, 천정, 벽 중심으로 스마트시티 모습은 진화하고 있었다. 이와 더불어, 스마트시티의 환경기술과 정보기술은 각각 개별적 진화가 아닌 환경기술과 정보기술을 융합한 개발로 진화하고 있었다.

넷째, 4기에는 모든 기술의 고도화 과정을 통해 융합, 소멸, 새로운 환경기술과 정보기술이 창조되는 형태적 진화였다. 스마트시티 공간에서 다양한 콘텐츠/서비스 정보를 최대한 확보하기 위해 인프라는 더욱더 작아지고 또는 없어지는 형태적 진화 과정이 계속해서 반복되고 있었다. 더불어 스마트시티를 운영관리하기 위한 에너지 확보의 중요성을 인지하고 정보기술 개발과 동시에 다시 1기와 같은 환경기술에 대한 형태적 진화의 모습이 나타나고 있다.

결과적으로, 미래의 스마트시티의 모습은 환경기술과 정보기술 각각의 차별성을 둔 개발이 아닌, 서로가 융합된 형태의 도시구조로 진화할 것이라 예상된다. 스마트시티의 형태적 진화는 개발 목적에 따라 주요 기술적용 빈도와 서비스가 치중되어 개발될 수 있을 것이다. 그러나 기본적인 환경기술과 정보기술 융합으로 컴팩트화된 환경과 정보기술 유닛(Unit)들이 지속적으로 창조 될 것이며, 결국 그 유닛들은 다시 융합되어 새로운 형태의 스마트시티의 형태로 진화 될 것이라 예상된다.

## References

- [1] J. H. Han, *An Analysis on the Change of Smart City:Timeline of Convergence among IT(Information*



Technology) ET(Environment Technology) and Space, Doctor's thesis, Hanbat National University, Daejeon, Korea, 2018.

- [2] J. H. Han, S. H. Lee, "A study on the Convergence Types of Smart City between Artifact and Device/Technology", *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.19, No.3, pp.601-613, Mar. 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.3.601>
- [3] S. H. Lee, Y. T. Leem, "Analyzing Characteristics of the Smart City Governance", *Journal of KAGIS*, Vol.19, No.2, pp.88, Feb. 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.11108/kagis.2016.19.2.086>
- [4] J. H. Han, "A relationship evaluation of physical design methods for UDS(U-city Development Standard)", *Journal of UDIK*, Vol.9, No.2, pp.75, Jun. 2008.  
UCI : G704-001620.2008.9.2.005
- [5] Weiser, Mark. Ubiquitous Computing : Hot topic, IEEE Computing, 1993.
- [6] J. S. Lee, Environmental Technology, DaeYong c2018 [cited 2018 Jun 03]. Available From : <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=78552&cid=42155&categoryId=42155> (accessed Dec. 02, 2017)
- [7] Wikipedia, Information Technology, Wikimedia Foundation, [cited 2018 April 12], Available From : <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A0%95%EB%B3%B4%EA%B8%B0%EC%88%A0> (accessed Nov. 18, 2017)
- [8] H. J. Ku, S. H. Lee, "Multi-layered U-Eco City: Concept, Planning Elements and Application", *Journal of KPA*, 2008 Proceeding Journal, pp.628, Nov. 2016.
- [9] S. H. Lee, Y. T. Leem, B. S. Song, K. I. Jin, "Comparative Analysis on the U-City Strategies' Characteristics in Terms of Tendency, Philosophy, Vision, and Concept", *Journal of KPA*, vol.44 n.2 pp.247-259, April. 2009.
- [10] M. A. Jung. Energy·IT Fusion Technology(Green IT) Situation and Future. p.3-11, Research report of AURI, 2010.
- [11] J. H. Han, S. H. Lee, "An Analysis on the Change of Smart City Space : Convergence Change of District, Street, Building and Facility", *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.19, No.5, pp.527-550, Jun. 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.5.537>
- [12] M. S. Moon "A Study on the Correlation of Certification system for the Green Building in Korea", KSES 2011 Spring Proceeding Paper, Seoul, Korea, pp.265-267, 2011.
- [13] M. A. Jung. Energy·IT Fusion Technology(Green IT) Situation and Vision, p.30-35, ESCO Report, 2011.
- [14] Y. J. Oh, S. H. Lee, "Planning Principles of U-Eco City by Analyzing the Correlation Matrix between U-City and Eco City Services", *Journal of KPA*, Vol.48 No.3 pp.345-346, Jun. 2013.
- [15] S. H. Lee, "Hierarchical Analysis of the Application of U-Eco City Services in Urban Space -Focused on the

Service Classification by Planning Factors and its Spatial Adaptability", *Journal of The Korea Contents Association*, Vol.12, No.11, pp.458-468, Mar. 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2012.12.11.458>

한 주 형(Ju-Hyung Han)

[중신회원]



- 2006년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 (박사수료)
- 2018년 2월 : 한밭대학교 대학원 도시공학과 (공학박사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : MRDC 스마트시티 연구센터 센터장
- 2019년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 겸임교수

<관심분야>

Ecology City, Smart City&Mobility, Ubiquitous City, Urban Agriculture, Future City in the Mars

이 상 호(Sang-Ho Lee)

[정회원]



- 1993년 8월 : 연세대학교 대학원 도시공학과 (공학박사)
- 2016년 12월 ~ 2017년 12월 : 한국지역학회 회장
- 2018년 1월 ~ 현재 : 국가스마트 시티 위원회 위원
- 1995년 2월 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 교수

<관심분야>

Ubiquitous City, Smart City, Ecology City, Urban Planning and Design