

Global Report

개발도상국에서 사물인터넷 기반의 지속가능한 스마트 미래 도시

1. 개요
2. 소개
3. 연구 배경
4. 방법론
5. 결과
6. 이념적 프레임워크
7. 기술적 프레임워크
8. 결론

1. 개요

이 보고서에서는 먼저 사물인터넷(IoT - Internet of Things) 기반의 지속가능한 미래도시에 관한 앞서 수행했던 연구결과들을 검토 및 분석하고자 한다. 둘째 미래 도시의 공동체에 더 잘 맞는 이데올로기적 및 기술적 프레임워크를 제안하고자 한다. 동시에 우리는 개발도상국 및 특히 아프리카에 일반적으로 적용할 수 있는 참고 모델(reference model)을 제공하고자 한다. 본 연구는 미래 도시를 향한 첫걸음이며 동시에 같은 주제를 연구하는 연구진들에게 참고자료가 되어야 한다. 본 연구를 수행하기 위해 인덱스(indexes)를 활용하였다.

2. 소개

오늘날에는 전 세계적으로 “스마트 시티(smart city)” 패러다임(paradigm)에 대해 많은 관심을 가지게 되었다. 본문의 참고문헌([1],[2],[3],[7],[10] 및 [12]의 문헌을 통해 알 수 있듯이 스마트 시티에 대해 다양한 정의가 내려지고 있다. “스마트 시티”는 원래 실무자와 학계 간에 명확하고 결정적이며 일관된 정의가 없는 개념이다. 기본적으로 도시란 한 나라의 인구가 집중된 도시환경을 말하며 그 공간은 주거, 문화, 상업, 교육, 교통 및 수송, 정치, 산업 등과 같은 다양한 활동을 관리할 수 있도록 마련되어 있다. 도시는 사람들이 한 곳에 정착하여 공동체를 이루기 위해 이동하지 않고 수렵채집사회이던 신석기 시대로부터 기원한다. 2009년 이후 세계 인구의 대부분, 보다 정확히 표현하자면 2014년 세계 인구의 54% 이상이 도시에 살고 있으며 2050년 무렵에는 66%에 도달할 것이라고 한다. 이러한 도시들 모두는 이전에 저개발국가(underdeveloped countries)라 불리었으며 도시생활의 질을 개선할 필요성이 가장 절실한 개발도상국 또는 신흥국뿐만 아니라 선진국들의 경우에도 그 도시들 각기 다양한 특성을 가지고 있다.

도시의 진화 측면에서 “지속가능한 도시(sustainable city)”로부터 “가상 도시(virtual city)”로 가는 길은 유비쿼터스 도시(ubiquitous city)가 되기에 앞서 필연적으로 “스마트 시티”를 거쳐서 가야만 한다. 새로운 컴퓨팅(computing) 및 통신 기술과 사물인터넷 뿐만 아니라 관련 기술(빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사이버 물리 시스템(cyberphysical systems), 통신 및 센서 네트워크, 인공지능 및 임베디드 시스템)이 접목된 “지속가능한 도시”는 특정 기준을 충족할 때 비로서 “스마트 시티”로 간주될 수 있다.

ITU(국제전기통신연합 - International Telecommunications Union)는 UNECE(UN 유럽경제위원회 - Union Nations Economic Commission for Europe)와 협력하여 국제적으로 합의된 지속가능한 스마트 시티(SSC-Smart Sustainable Cities)에 대한 정의를 개발하게 되었다. 그 내용에는 “지속가능한 스마트 시티란 삶의 질, 도시운영과 서비스의 효율성 및 경쟁력을 향상시키는 동시에 문화적인 측면뿐만 아니라 경제적, 사회적, 환경적으로 현재와 미래 세대의 니즈를 충족시키기 위해 ICT 및 기타 수단을 사용하는 혁신도시”라고 하였다. ITU의 SSC와 ‘유럽의 스마트 시티(europeansmartcities)’의 SSC와 같은 추진 사업들은 실질적인 영감의 원천이다. 본문 참고문서 [14]에서 이루어진 비교분석에 따르면 인천 송도가 가장 잘 이루어진 스마트 시티라고 강조되어 있다. 싱가포르, 멜버른, 보도, 델프트 및 토론토가 그 뒤를 쫓고 있다고 한다.

3. 연구 배경

개발도상국의 도시들은 경제적, 사회적 및 환경적 불균형이 넘쳐나고 있다. 개발도상국들 대부분은 환경오염 및 파괴, 포화상태의 교통, 청정수 및 에너지의 이용가능성, 공공 조명, 하수 시스템(폐수 처리),

불확실하고 불안정한 주택문제(고가의 부동산), 인구 증가(농촌 인구 및 중산층 이상의 인구 유입 등) 및 도시 확산, 폐기물과 각종 리스크, 개발의 불평등과 사회적 제약, 의료 서비스 이용의 어려움, 문맹 및 미숙련 인구문제, 힘든 생활여건, 농촌의 방치, 사업기회 부족, 청소년 비행 등과 같은 문제에 직면해 있다. 예를 들어 한 연구결과에 따르면 2009년 전 세계 문맹인의 97%가 남반구에 살고 있으며 이들 중 15%가 사하라 이남 아프리카 지역에 거주하고 대다수 여성들은 도시지역에 살고 있다고 한다. 많은 문제점들 중 하나는 가장 취약한 사람들을 어떻게 지원하고 교육 하는가 이다. 선진국들은 이러한 우려들을 공감하고 있지 못하다.

아프리카는 지난 수십 년 동안 매우 빠른 속도로 도시화가 이루어져 왔다. 지속 가능한 도시 개발 계획을 수립하고 선진국에서 이루어지고 있는 것들을 채택하면서 아프리카인의 특성을 첨가한 지능적 구성요소를 활용하는 것은 현재 필요이상으로 많이 하고 있다. 아프리카 국가들의 경우 스마트 시티 구성요소들을 지능화하기 위해 모든 비용을 들여 매진하거나 그러기를 바라는 것은 바람직하지 않다. 대신에 그 핵심개념의 윤곽을 잡아 잘 정의하는 경우 스마트 시티 구성요소들을 지능화하는 것은 착수될 주어진 이론적, 이상적 그리고 기술적 진화 프레임워크 속에서 먼저 자체적으로 자리를 잡게 될 것이다. 각 단계에서 긴급하지 않으며 덜 성숙되고 고도의 지능적 상태에서 너무 빨리 시작하지 않도록 어느 정도의 달성 가능한 목표가 정의되어야 할 것이다.

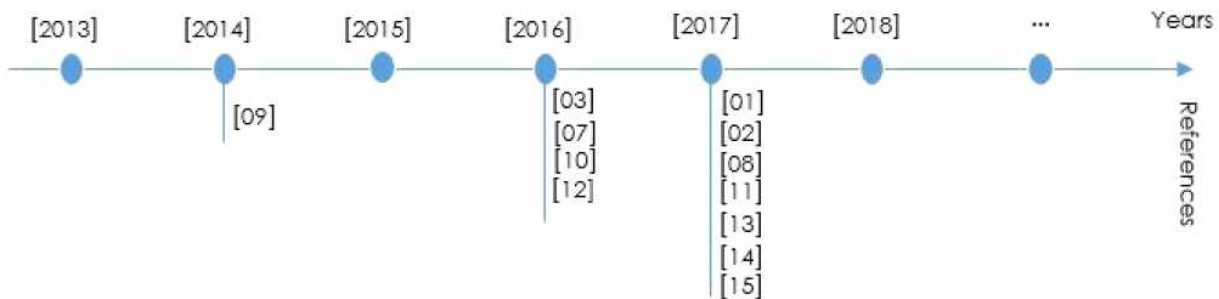
4. 방법론

다음과 같은 방법을 제시코자 한다. 먼저 연구와 관련된 모든 키워드를 식별하고 “연구 문자열(research string)”이라고 하는 것을 구성해야 한다. 우리는 세 가지로 구별하였는데 즉 1)“지속 가능성(sustainability)”, 2)“스마트 시티(smart cities)” 3)“사물인터넷(Internet of things) 또는 “사물 웹(Web of things)”이다. 우리의 연구검색 문자열은 다음과 같이 구성되었다: (((sustainability) AND ("smart cities" OR "smart cities")) AND ("Internet of things" OR "Web of things" OR "Internet of objects")). 이를 통해 데이터 검색을 위하여 적절한 데이터베이스로 접근하는 것을 가능하게 하였다. 이번 장의 내용은 “빅 데이터가 큰 영향을 줄 수 있는 방법(How Big Data can make a big impact)”에 관해 Samuel Fosso Wamba 등이 공동으로 작성한 “연구 방법론(Research methodology-본문 참고문서 34번)”을 주로 참고하였다. 문자열(string) 구성과 더불어 2013년부터 2018년까지 다음 데이터베이스에서 철저한 조사를 수행하였다 : « Google Scholar », «IEEE Xplore » and « science direct ». 이 연구는 관리자와 함께 2018년 2월 5일 착수하여 2018년 3월 15일 종료하였다. 처음에 우리는 114개의 관련 논문들을 다운로드 하였다. 이후 우리는 참조내용, 요약내용 등과 같은 필요한 정보를 기록하였다. 또한 우리는 데이터 활용(분석 및 분류)을 위해 참고관리 소프트웨어인 EndNote를 사용하였다. 이 도구를 사용하여 수집된 114개의 결과물을 필터링한 이후 마침내 본 조사에 사용할 단 21개의 관련 문서들을 추출할 수 있었다.

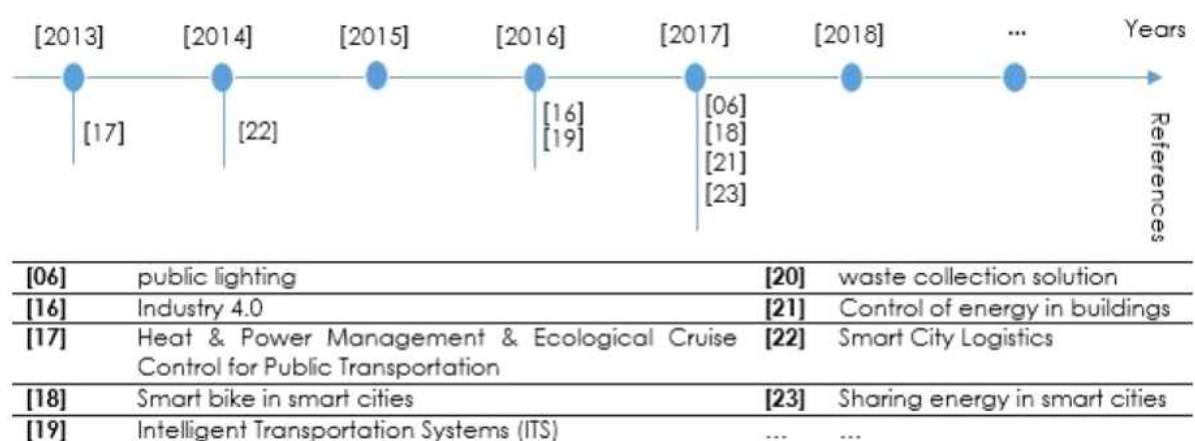
5. 결과

21개의 선택된 논문을 가지고 문헌에서 이미 제안된 내용을 강조하기 위하여 그들의 접근방식을 조사해야 하는 문제가 있었으나 이 분야에 대한 우리의 기여도를 파악할 수도 있었다. 그 목표는 제안내용을 검토하는 것이며 또한 이러한 방향으로 가고자 하는 연구자들을 위해 좋은 프레임워크를 제공하는 것이기도 하였다. 그 결과는 다음 두 개의 그림에 표기하였다. 본문 그림 1은 스마트 시티 개념에 관한 비교연구와 참고 프레임을 위한 제안 그리고 정성적 분석내용을 담고 있다. 그림 2는 문헌에서 발견된 일

부 응용프로그램과 성과를 표기하고 있다.



<그림 1 : 스마트 시티 개념에 관한 프레임워크 제안과 비교 연구의 정성적 분석>



<그림 2 : 관련문헌에서 확인된 일부 결과>

문헌에서 지능화의 수준이나 정도에 관한 사양이 없는 “스마트 시티” 패러다임에 대한 정의가 모호한 것을 알게 되었다. 개발 수준에 따라 일부 도시들이 다른 도시들에 비해 보다 스마트할 가능성이 있다는 것은 의심할 여지가 없다.

기술의 급속한 발전으로 인해 현대 도시가 점점 더 지능화되고 있다는 내용의 본문 참고문서 [12]를 먼저 확실히 한 후에 초현대식 접근방식으로서 “스마트 시티” 개념과 함께 현재의 발전 속도에 따라 도시 발전 단계를 예측하는 것이 더 현명할 것이다. 이러한 접근방식 중 일부에서 유비쿼터스 시티에 대한 개념은 어떤 제안된 이념적 프레임워크 없이 스마트 시티에 추가된다. 본 논문은 몇 가지 아이디어를 제안할 것이다.

또한 패러다임의 실현 가능성을 달성하기 위해 다양한 기술적 접근방식이 제안되었다. 임베디드 시스템 솔루션, 센서 및 불명확한 기타 사항 등과 같은 물리적 측면을 제외하고는 본문 참고문서 [2]에 사물인터넷에 관해 잘 정리된 사항들이 제시되어 있다. 본문 참고문서 [8]에서 현재와 미래의 사물인터넷에 대한 핵심 애플리케이션 분야를 볼 수 있으며 스마트 시티를 위한 일부 문제점들을 제공하고 있다. 이러한 소수의 기술적 기여에 힘입어 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅 및 인공지능을 고려한 확장은 “미래 도시”의 구현에 강력한 자산이 될 것이다.

6. 이념적 프레임워크

이 문서에서 채택된 이데올로기적 접근방식에 따르면 스마트 시티 패러다임은 미래 도시를 향한 발걸음의 일부이다. 실제로 도시는 진화하고 있다. 스마트 시티는 먼저 하나의 공동체로 간주되어야 하며 인구가 증가함에 따라 도시는 지속가능한 도시(S-CITY)로 진화해야 할 긴급한 필요성을 가진 하나의 도시가 된다. 대부분의 개발도상국이 이러한 상황이다. 지속되기만 하면 그것은 신기술에 따라 미래 도시로 진화하면서 지능형(SM-CITY), 유비쿼터스 시티(U-CITY), 디지털시티(D-CITY) 그리고 가상의 도시(V-CITY)가 추진 될 것이다. 이러한 진화는 다른 것들도 포괄하는 하나의 포함관계(setinclusion)로 볼 수 있다. 그것은 다음과 같이 볼 수 있다.

지속가능한 도시 또는 S-CITY는 생태계(시민, 조직, 사업 및 도시 관리자)의 행위자들과 함께 협력하여 가능한 한 그 지역의 균형, 생존 및 생존가능성을 보장하도록 사회, 경제 및 생태적 측면을 중심으로 개발을 하는 하나의 도시이다. 세계은행의 보고서(본문 참고문서 24)에 따르면 지속 가능한 개발은 다음 세가지 축을 기반으로 한다 : 경제적 성장, 환경 관리 및 사회적 포용. 이것은 모든 차원의 개발에 해당이 된다, 즉 급속한 도시화, 기후변화와 농업, 인프라, 에너지 생산 및 이용, 물 및 저탄소 운송 등.

스마트 시티 또는 SM-CITY는 다양한 방식으로 접근되어 왔다. 본문 참고문서 [1]에서 스마트 시티라는 용어는 스마트 도시화, 스마트 경제, 지속가능하고 스마트한 환경, 스마트 기술, 스마트 에너지, 스마트 모빌리티(smart mobility), 스마트 헬스(smart health) 등과 같은 많은 하위주제를 포함하는 일반적인 개념으로 정의된다. 본문 참고문서 [2]에서 “스마트 시티”는 정보통신기술(ICT)을 집중적으로 사용하는 특징이 있는 복합적 생태계(complex ecosystem)로서 보다 매력적이고 더 지속가능하며 혁신과 기업가 활동을 위한 독특한 장소라고 하고 있다. 본문 참고문서 [3]에서 스마트 시티란 도시 거주자의 이익을 위해 운영을 향상시키는 도시로 정보, 디지털 및 통신 기술을 사용하여 도시가 더 유연하고 효율적이며 지속가능한 곳이라고 간단히 설명하고 있다. 스마트 시티는 보다 친환경적이고 안전하며 보다 신속하고 친근한 도시이다. 스마트 시티의 다양한 구성요소에는 스마트 인프라, 스마트 교통체계(smart transportation), 스마트 에너지, 스마트 헬스 케어 및 스마트 기술 등이 있다.

이러한 구성요소들은 도시를 스마트하고 효율적으로 만들어 주는 것들이다. 한편 본문 참고문서 [12]에서는 스마트 시티란 도시를 보다 효율적이고 지속가능하며 살기 편하게 만들어 주기 위해 시도하는 도시라고 하고 있다. 즉 스마트 시티는 도로, 터널, 항공노선, 해상로, 철도, 통신전력 공급장치 등과 같은 모든 주요 인프라를 통합하고 모니터링 할 수 있는 도시로 유지보수 활동을 관리하고 보안문제도 챙기면서 많은 자원을 최적화하는데 도움이 될 수 있는 도시이다. 스마트 시티는 지속가능한 도시의 스마트 버전이다. 스마트 시티는 새로운 정보통신기술의 덕택으로 지속가능한 도시의 차원에서 지능화를 가져다주는 특별함이 있다.

유비쿼터스는 단순한 스마트 시티 그 이상이다. 유비쿼터스는 언제 어디서나 실시간 데이터를 확보할 수 있으며 “지속가능하고 스마트한 도시에서 디바이스의 지속적인 발전을 관찰할 수 있다. 본문 참고문서 [13]에서 유비쿼터스는 유시티(u-city)에서 컴퓨터와 같은 디지털 디바이스는 언제 어디서나 수백개의 상호 연결된 디지털 디바이스와 지속적으로 상호작용할 수 있는 환경의 일부가 될 것이므로 인간처럼 이용 가능한 정보를 바탕으로 한 결정을 내릴 수 있게 될 것이라고 하고 있다. 화물 및 기타 디바이스(특 스마트폰 및 컴퓨터), 다양한 개인적 디바이스(즉, 스마트 폰 및 컴퓨터) 그리고 이러한 모든 것들은 서비스를 기반으로 한 디지털 네트워크를 통해 연결된다. 이를 통해 인텔리전트 로봇, 운전자가 없는 스마트 카, 높은 도시화, 중심부 및 기타 연결된 기관 등으로 가득 찬 도시인 “유비쿼터스 시티 또는 U-CITY“ 패러다임을 우리들에게 확실하게 해준다.

“디지털 시티 또는 D-CITY”는 조화로운 느낌이 존재하는 도시, 정보가 지능적으로 공유되는 도시, 협

업이 훨씬 더 유동적이고 지능적으로 되는 도시이다. 가상화는 항공기를 위한 가상경로, 고성능 의료기술을 위한 가상의 인체, 첨단 통신을 위한 홀로그램 등을 만들 수 있는 한 도시의 능력을 말한다. 디지털 시티는 유비쿼터스 시티 이상의 큰 도시인 가상의 도시 또는 VCITY 패러다임을 소개할 수 있게 한다. 본문 표 1은 발전단계를 확인하기 위하여 예상될 수 있는 몇 가지 구성요소를 주어진 각 단계에 대해 제시하고 있다.

7. 기술적 프레임워크

본문 참고문서 [3]에 따르면 정보통신기술은 기존 전통적인 도시를 스마트 시티로 전환하는 열쇠가 될 수 있다. 사물 인터넷(IoT)과 빅 데이터(BD) 이 두 개가 밀접하게 관련된 신기술 프레임워크는 스마트 시티를 효율적이고 민감하게 반응하도록 만든다. 본문 참고문서 [7]에 따르면 스마트 시티를 다음과 같이 기술하고 있다. 스마트 시티는 민감하며(센서가 환경을 감지), 연결 가능하고(네트워크 장치는 감지된 정보를 웹으로 가져옴), 접근성이 있으며(우리 환경에 관한 정보가 게시되고 웹 사용자에게 의해 접근가능함), 유비쿼터스(이동하면서 언제 어디서나 정보에 액세스할 수 있음)하고, 사교적이며(정보를 수집하는 사용자는 소셜 네트워크에 정보를 게시할 수 있음), 공유가능하고(공유는 무료상태일 때 무제한 사용 가능), 육안으로 보이며 증강(augmented)된다(물리적 환경은 개량되는데 모바일 장치를 통해 개인 뿐만 아니라 표지판과 같은 물리적 장소에서도 개량되고 개조된다). 한편 본문 참고문서 [10]에 따르면 스마트 시티는 그 사회적, 비즈니스 및 기술적 측면들이 도시 내 시민들의 경험을 향상시키기 위해 정보통신기술에 의해 지원되는 도시이다. 이를 달성하기 위해 도시는 통합되고, 저렴하며 지속가능한 방법을 제공한다. 이렇게 되면 스마트 시티는 인구가 증가하는 도시 내에서 지속가능한 개발과 정보통신기술(임베디드 시스템, IoT, 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능...)간의 교차로로 간주될 수 있다.

7.1 임베디드 시스템

임베디드 시스템은 흔히 실시간으로 작동하는 자율전자적(autonomous electronic)인 컴퓨터 시스템이다. 임베디드 시스템은 하드웨어 및 소프트웨어 부분으로 이루어져 있고 이 컴퓨터 시스템 구성은 마이크로 컨트롤러(microcontroller) 중심으로 구축된다. 임베디드 시스템은 그 응용분야에 맞는 특정 주변장치 및 센서가 있으며 우리가 일상적으로 사용하는 대상물에 쉽게 접목된다. 하나의 응용프로그램으로 아두이노 마이크로컨트롤러(Arduino microcontroller), 라즈베리 마이크로컴퓨터, 비글본(Beaglebone), 갈릴레오(Galileo), Particle.IO range, 마이크로파이썬 레인지 등을 언급할 수 있다.

7.2 사물인터넷

사물인터넷이 오늘날 우리에게 가장 인기가 있는 기술적 현상(technological phenomena) 중 하나라는 것을 부정할 수 없다. ITU(국제전기통신연합 - International Telecommunications Union)에 따르면, “IoT(사물인터넷)는 정보사회를 위한 글로벌 인프라로서 기존 또는 발전하는 상호 운영 가능한 정보통신기술을 통해 대상물들(물리적 또는 가상)을 상호 연결하여 첨단 서비스를 제공하는 것”이다. 문헌에 의하면 다른 많은 고려할 사항들이 있는데 본문 참고문서 [6]의 경우는 이렇게 되어 있다. IoT에서 일상생활 대상물들은 스마트하다. 즉, 고유하게 식별 가능하며 컴퓨팅, 저장 및 감지기능을 갖추고 있으며 한 사람과 다른 사람 또는 사용자와 통신하여 광범위하고 유비쿼터스적인 컴퓨팅 작업을 가능하게 한다. 일반적으로 IoT는 저장 용량과 처리 용량이 낮고 크게 확산된 실제 대상물들로 정의할 수 있지만 스마트 시티와 인프라의 신뢰성, 성능 및 보안성 향상을 목표로 한다. 본문 참고 문서 [25] 가트너(Gartner, Inc.)에 따르면 2017년 전 세계적으로 2016년 보다 31% 증가된 84억 개의 연결이 사용될 것이고 2020년까지는 204억 개에 달할 것이라고 한다. 터미널 및 서비스에 대한 총 비용은 2017년에 거

의 2조 달러에 이를 것이다. 2017년 중국, 북미 및 서유럽이 사물인터넷 사용측면에서 67%를 차지하고 있다.

사물인터넷의 관리와 프로세싱은 대체로 데이터베이스 관리 또는 정보용 기존 컴퓨터 툴을 능가할 정도로 많은 양의 데이터가 적용되어 나아갈 것이다. 이러한 현상은 모바일 장치, 유튜브, 페이스북 및 트위터를 포함한 소셜 미디어 플랫폼 그리고 사물인터넷 관련 개념(즉, RFID 기술)의 확산과 채택으로 인해 발생된다. 빅 데이터의 개념, 빅 데이터의 현재 및 미래 취급방법과 문제점들은 이러한 두려움 대부분을 해결하는데 도움이 될 것이다. 본문 참고문서 [26] 오라클(Oracle)에 따르면 빅 데이터는 기존 데이터 뿐만 아니라 많은 새로운 유형의 데이터와 데이터 관리를 포함하고 통합하는 전체적인 정보관리전략을 기술하고 있다고 한다. 사물인터넷은 4가지 개념 또는 특성, 즉 볼륨(데이터의 양), 속도(데이터 수신 및 처리속도), 다양성(신규 유형의 비정형 데이터) 및 값(데이터의 고유가치가 발견되어야함)으로 정의된다.

8. 결론

대체로 스마트 시티란 기술과 함께 발전하는 미래지향적 접근 방식의 도시이다. 스마트 시티는 단순한 하나의 커뮤니티로 시작하여 미래 도시로 진화하면서 가상의 도시 수준에 도달할 수 있는 도시이다. 대부분의 개발도상국에서 인구가 빠르게 성장함에 따라 많은 도시가 지속가능한 도시로 진화해야 할 필요성을 느끼게 된다. 상대적으로 느린 속도로 도시화가 이루어지고 있는 아프리카의 경우 각 단계별로 요구되는 구성요소에 대한 명확한 정의와 더불어 일부 예방조치들과 단계별 발전 프레임워크를 실질적으로 필요로 한다. 이것은 지능적인 목표달성을 위해 초기이고 급하지 않으며 미완성이고 매우 높은 수준의 퍼즐을 잘못시작하지 않게 할 것이다. 임베디드 시스템(embedded systems), 사물인터넷, 인공지능, 빅 데이터 및 클라우드 컴퓨팅의 시대에서 주어진 진행도(progression dynamic)를 기반으로 스마트 시티를 구축하는 것은 흥미롭다.

이 보고서에서는 개발도상국에 관한 몇 가지 강조할 사항과 더불어 이데올로기적이고 기술적인 프레임워크를 제안하는 것뿐만 아니라 이전의 연구에 대한 전반적인 검토결과를 제시하고 있다. 특히 선진국에서 많은 업적이나 모델이 존재하지만 카피하고 답습하고자 하는 것이 아니라 각 지역의 상황과 현실에 따라 필요한 구성요소를 구축하기 위해 가능한 많은 기존의 것들을 포용하려는 것이 이 보고서의 의도이다. 연구자들은 아이디어를 복제하려는 것이 아니라 과학 기술을 발전시키고 적응시키려는 것이다. 향후 우리는 스마트 시티에 관한 정성적 연구 분석을 수행할 것이며 구성요소를 평가하고 지능화 수준을 인식하는 방법을 제안할 것이다.

<원문제목> Towards Smart and Sustainable Future Cities Based on Internet of Things for Developing Countries

<원문출처> International Centre for Theoretical Physics