

사례 연구를 통한 스마트 시티 플랫폼의 서비스를 위한 참조 모델

김영수¹, 문형진^{2*}

¹한세대학교 IT융합전자공학과 조교수, ²성결대학교 정보통신공학과 조교수

Reference Model for the Service of Smart City Platform through Case Study

Young Soo Kim¹, Hyung-Jin Mun^{2*}

¹Assistant Professor, Department of IT Convergence, Hansei University

²Assistant Professor, Department of Information & Communication Engineering, Sungkyul University

요약 도시 발전에 따른 부작용들을 해결하기 위한 한 방안으로 도시에 정보 통신 기술이 융합된 스마트 시티를 구축하고 있다. 스마트 시티 플랫폼은 스마트 시티 서비스의 개발 및 통합을 지원해야 한다. 따라서 스마트 플랫폼이 지원해야 하는 기반 기술과 기능적 및 비 기능적 요구 사항을 분석하였다. 스마트 시티 플랫폼이 지원하는 기반 기술로 사물 인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅 데이터 및 사이버-물리 시스템의 4가지 범주로 분류하고 구현 가능한 기능적 및 비 기능적 요구 사항과 스마트 시티 플랫폼의 참조 모델을 도출했다. 스마트 시티 플랫폼의 참조 모델은 도시관리자에게 특정 도시 문제를 해결하기 위한 기능적 또는 비 기능적 요구 사항에 따른 기반 기술의 투자와 서비스 개발 범위에 대한 의사 결정에 활용하고, 플랫폼 개발자에게 스마트 시티 구축을 위한 소프트웨어 플랫폼의 기능적 및 비 기능적 요구 사항과 구현 기술을 식별하고 결정하는 가이드라인을 제공한다.

주제어 : 스마트 시티, 플랫폼, 참조모델, ICT, 스마트 플랫폼

Abstract As a way to solve the side effects of urban development, a smart city with information and communication technology converges in the city is being built. For this, a smart city platform should support the development and integration of smart city services. Therefore, the underlying technology and the functional and non-functional requirements that the smart platform must support were analyzed. As a result of this, we classified the Internet of Things, cloud computing, big data and cyber-physical systems into four categories as the underlying technologies supported by the smart city platform, and derived the functional and non-functional requirements that can be implemented and the reference model of the smart city platform. The reference model of the smart city platform is used for decision-making on investment in infrastructure technology and the development scope of services according to functional or non-functional requirements to solve specific city problems for city managers. It provides platform developers with guidelines to identify and determine the functional and non-functional requirements and implementation technologies of software platforms for building smart cities.

Key Words : Smart City, Platform, Reference Model, ICT, Smart Platform

*This research was supported by the research grant of Hansei University of Korea funded by the Ministry of Education in 2020

*Corresponding Author : Hyung-Jin Mun(jinmun@gmail.com)

Received July 3, 2021

Revised July 15, 2021

Accepted August 20, 2021

Published August 28, 2021

1. 서론

도시 인구 밀집과 도시 과밀 현상에 따른 자원과 인프라는 증가하는 수요를 감당할 수 없게 되면서 복잡성, 환경, 범죄 등의 문제 발생을 수반하고 지속가능한 성장에 장애가 되기 때문에 도시 발전에 따른 부작용들을 해결하기 위한 한 방안으로 스마트 시티(Smart City)를 구축한다. 스마트 시티는 ICT를 활용해서 삶의 질 향상과 지속 가능한 성장을 높이기 위해 자원 및 인프라 활용을 최적화한다. 스마트 시티의 효과적인 서비스를 위해 도시 내의 많은 현상에 대한 정보의 수집, 분석, 대응이 유기적으로 이루어져야 한다. 이를 위해서 도시 내의 다양한 데이터를 수집 및 전달하는 사물 인터넷 시스템과 수집된 많은 데이터를 저장 및 관리하는 클라우드 시스템 그리고 저장된 데이터를 효율적으로 분석하는 빅 데이터 시스템 및 서비스에 필요한 지능화 정보를 추출하는 인공지능 시스템을 유기적으로 연결함으로써 스마트 시티의 지능화에 필수적 역할을 수행하는 스마트 시티 소프트웨어 플랫폼의 구축이 스마트 시티의 성공에 핵심 요소이다. 도시 서비스를 위한 스마트 시티 시스템이 교통 통제, 대기 오염, 폐기물, 의료, 공공 안전, 물, 에너지, 응급 상황 관리를 위해서 개발 제안되었다[1]. 솔루션의 대부분은 도시마다 고유의 역할이 있고 지역의 특성이 다르기 때문에 도시의 스마트화는 특정 도메인에 초점을 맞추고 특정 문제를 대상으로 하며 소프트웨어 재사용이 거의 없이 독립적으로 개발되었다. 이는 상호 운용되지 않기 때문에 작업 중복, 호환되지 않는 솔루션 및 최적화되지 않은 리소스 사용으로 이어진다.

이러한 도메인을 완전하고 일관된 솔루션으로 통합하려면 기본 소프트웨어 인프라에서 제공하는 기본 서비스를 제공하는 스마트 시티 소프트웨어 플랫폼이 요구된다. 스마트 시티 소프트웨어 플랫폼은 소프트웨어 개발자가 스마트 시티용 애플리케이션을 설계, 구현, 배포 및 관리할 수 있도록 지원하는 통합 미들웨어로서의 기능을 제공해야 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성한다. 2장은 스마트 시티 플랫폼의 사례 분석을 통해 연구 과제와 구현 기술을 도출한다. 3장은 스마트 시티 플랫폼 참조 모델을 도출하고 4장은 스마트 시티 참조 모델을 검증 비교 분석하고, 결론으로 맺는다.

2. 스마트 시티 플랫폼

2.1 스마트 시티 플랫폼의 지원 기술 분석

스마트 시티 플랫폼을 구성하는 구현 기술은 사례 연구를 통해서 스마트 시티 용 소프트웨어 플랫폼에서 사용하는 네 가지 주요 기술인 사이버 물리 시스템, 사물 인터넷, 빅 데이터 및 클라우드 컴퓨팅을 도출하였다[2]. CPS는 물리적 세계, 인터페이스, 가상시스템으로 구성된다. IoT는 사물에 통신모듈을 추가하여 사물 간의 연결 중심의 기술인 반면, CPS는 실세계를 제어하고 최적화를 위한 사이버 시스템의 구성 및 응용에 중점을 두고 있다[1].

IoT 시스템에서 IoT 기기는 센서를 통해 데이터를 측정 수집하고 측정 정보를 IoT 서버 플랫폼에 전송한다. IoT 서버 플랫폼은 외부 시스템으로부터 Open API를 통해 획득한 데이터와 IoT 기기에서 측정된 데이터를 저장한다. 서버에 저장된 내외부 데이터를 사용하여 비교 또는 통계자료를 통해 분류 및 예측정보를 사용자에게 제공한다. 빅데이터 시스템은 데이터를 수집 모니터링하고 이를 저장관리하여 필요한 요구에 따라 데이터를 분석하고 예측하여 그 결과를 사용자에게 보여주는 시각화 과정으로 이루어진다[3].

클라우드 시스템의 서비스 유형은 일반적으로 SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service)로 나눈다[4]. IaaS는 사용자가 인프라 부분을 탄력적으로 서비스를 받아, 운영체제나 응용프로그램 등을 사용자가 직접 설치하여 사용하는 방식이고, PaaS는 제공받은 인프라 및 플랫폼 상에서 사용자가 응용프로그램을 개발할 수 있는 방식이다. SaaS는 인프라 및 플랫폼을 비롯한 응용프로그램까지 구축하여 모든 서비스를 제공하고 사용자는 웹 브라우저 등을 통해 제공된 서비스를 사용하는 방식이다.

2.2 스마트 시티 플랫폼의 기술 카테고리 분석

스마트 시티 플랫폼이 사용하는 지원 기술 IoT, CPS, Big Data, Cloud Computing에 따라 스마트 시티 플랫폼을 5개 범주로 분류하고 분석하였다. 대부분의 기업이 최소한 하나 이상의 지원 기술, 가장 일반적으로 IoT 및 빅 데이터를 사용한다.

IoT와 클라우드 컴퓨팅을 모두 사용하는 스마트 플랫폼으로서 Smart Santander[5], Padova Smart City 플랫폼[6], EPIC(European Platform for Intelligent Cities) 스마트 시티 플랫폼[7], ClouT 스마트 시티 플랫폼[8], OpenMTC(Open Machine Type Communications)[9]는

스마트 시티 애플리케이션 및 서비스의 개발 및 배포를 지원하는 인프라이다. 이들 플랫폼의 분석을 통해 WSN 관리, 도시에서 수집된 데이터 관리, 서비스 및 애플리케이션 관리, 플랫폼의 데이터를 도시 애플리케이션에서 사용할 수 있도록 하는 인프라 등 4가지 주요 기능 요구 사항을 식별했다. 또한 5가지 비 기능적 요구 사항으로 적응성, 상호 운용성, 확장성, 연계성 및 재구성 가능성을 식별했다.

IoT와 클라우드 컴퓨팅 그리고 빅 데이터를 모두 지원 기술로 사용하는 플랫폼으로서 OpenIoT[10], Concinnity Platform[11], Sentilo[12]는 IoT 기반 애플리케이션 개발을 위한 오픈 소스 미들웨어로서 WSN을 관리하는 API와 도시에 배치된 센서를 동적으로 발견하기 위한 디렉토리 서비스를 제공한다. 이들 플랫폼에서 확인된 주요 기능 요구 사항은 WSN 관리, 데이터 수명 주기 관리 (수집, 저장, 처리), 플랫폼의 데이터를 공개적으로 사용 가능 하게 만드는 것, 애플리케이션 개발자를 위한 서비스 디렉토리 및 애플리케이션 개발 도구이다. 비 기능적 요구 사항으로 상호 운용성과 확장성을 확인했다.

클라우드 컴퓨팅과 빅 데이터를 지원 기술로 사용하는 플랫폼으로서 Scallop4SC[13], CiDAP[14], WindyGrid[15], SMARTY[16]는 데이터 관리 및 서비스 호스팅을 주요 구성 요소로 하는 클라우드 컴퓨팅 및 빅 데이터를 지원기술로 사용한다. 이들 플랫폼에서 식별된 주요 기능 요구 사항은 데이터 수집, 분석 및 시각화와 같은 데이터 관리이다. 또한 비 기능적 요구 사항으로 스마트시티를 위한 소프트웨어 플랫폼의 확장성과 적응성을 확인했다.

클라우드 컴퓨팅만 사용하는 플랫폼으로 U-City[17], Gambas[18], Civitas[19]는 애플리케이션 개발을 위한 서비스를 제공한다. 이들 플랫폼에서 확인된 주요 기능 요구 사항은 서비스 관리 및 데이터 관리이다. 비 기능적 요구 사항으로 보안, 개인 정보 및 상황 인식을 식별했다.

클라우드 컴퓨팅 및 CPS 를 지원 기술로 사용하는 플랫폼에 대한 Gurgen et al.[4]의 저널에서 확인된 주요 기능 요구 사항은 도시 환경의 변화에 대한 자율적 반응, 도시 장치 간의 통신, 애플리케이션이 플랫폼과 통신하기 위한 게시/구독 메커니즘이다. 비 기능적 요구 사항으로 구성 가능성, 적응 및 상황 인식을 식별했다.

3. 스마트 시티 플랫폼의 응용 분석

3.1 스마트 시티 플랫폼의 응용 도메인 분석

스마트 시티 플랫폼 위에 구축된 시스템 및 애플리케이션으로 City Sensing, GAMBAS, SEN2SOC 등의 가장 일반적인 시스템 영역은 온도 및 습도와 같은 도시 상태를 모니터링하는 애플리케이션인 City Sensing과 거리 감지 및 대중 교통 모니터링을 포함한 교통 통제 애플리케이션 그리고 재난과 범죄를 예방하기 위한 애플리케이션으로 분석되었고 스마트 시티 플랫폼의 응용 도메인은 Table 1과 같다.

Table 1. Application Domain for Smart City Platform

	City Sensing	Traffic Control	City Dashboard	Health Care	Public Safety	Energy Management	Water Management
SmartSantander	X	X					
OpenIoT	X						X
Gambas		X					
Scallop4SC						X	
ClouT	X	X		X	X		
Padova Smart City	X		X				
Windy Grid	X	X		X	X		
Number of Instance	5	4	1	2	2	1	1

GAMBAS 미들웨어는 스페인 마드리드의 대중 교통 시스템을 위한 두 가지 애플리케이션을 개발하는 데 사용되었다. SEN2SOC은 스마트 시티 애플리케이션을 만들기 위해 도시의 센서 데이터 및 소셜 네트워크의 데이터 스트림을 사용하는 Smart Santander 플랫폼에 배포된 스마트 시티 구현 시스템이다. Padova Smart City 플랫폼을 사용하여 환자 모니터링 애플리케이션이 개발되었고 OpenIoT 플랫폼을 사용하여 구현된 폐기물 관리 시스템이 개발되었다. WindyGrid 플랫폼을 이용하여 상황 인식 및 사고 모니터링과 도시에서 발생하는 문제를 모니터링하는 애플리케이션이 개발되었다. 에너지 관리 영역에서 Scallop4SC 플랫폼을 사용해서 가정 에너지 소비 시각화와 낭비적인 에너지 감지 서비스의 개발에 사용되었다.

3.2 스마트 시티 플랫폼의 요구사항 분석

스마트 시티 플랫폼의 주요 목표는 스마트 시티 애플리케이션의 개발을 촉진하는 것이다. 이러한 목표를 위해 대부분의 스마트 시티 플랫폼은 도시 데이터를 수집, 관

리 및 공유하고 스마트 시티 애플리케이션 개발을 촉진하기 위한 도구를 제공하기 위한 기능적 요구 사항을 구현한다. 스마트 시티 플랫폼의 기능적 요구 사항의 분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Functional requirements for Smart City Platform

	Data Management	Application Runtime	WSN Management	Data Processing	External Data Access	Service Management	Software Engineering Tool	Definition of City Model
SmartSantander	X	X	X		X			
OpenIoT	X	X	X	X		X	X	
Concinnity	X	X		X	X	X	X	
Civitas	X			X		X		
Gambas	X	X			X	X		X
Scallop4SC	X			X	X			
OpenMTC					X	X	X	
CloudT	X	X	X		X			
Padova Smart City	X		X	X	X			
U-City	X	X		X	X	X		
Sentilo	X		X		X			
Windy Grid	X					X		
EPIC	X		X		X	X		
SMARTY	X		X	X	X	X		
CiDAP	X			X	X			X

스마트 시티 플랫폼이 지원하는 비 기능적 요구 사항의 대부분은 확장성, 적응성 및 상호 운용성과 같은 대규모 이기종 분산 시스템과 관련된다. 기타 비 기능적 요구 사항은 보안 및 개인 정보 보호와 같은 시민의 중요 및 개인 데이터 조작과 관련된다. 스마트 시티 플랫폼이 지원하는 비 기능적 요구 사항에 대한 분석 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Non-Functional requirements for Smart City Platform

	Data Management	Application Runtime	WSN Management	Data Processing	External Data Access	Service Management	Software Engineering Tool	Definition of City Model
SmartSantander		X	X	X				
OpenIoT	X		X					X
Concinnity	X		X	X				
Civitas	X		X	X				
Gambas				X	X	X		
Scallop4SC		X					X	
OpenMTC	X							
CloudT	X		X					
Padova Smart City	X	X						
U-City			X					X
Sentilo		X	X				X	
Windy Grid			X	X				
EPIC	X	X						
SMARTY	X				X			
CiDAP	X	X			X	X	X	

4. 스마트 시티 플랫폼의 참조 모델과 검증 비교분석

4.1 스마트 시티 플랫폼의 참조 모델

스마트 시티용 CiDAP과 OpenIoT 플랫폼과 표준화 문서 그리고 요구 사항 그리고 지원 기술의 분석 결과를 기반으로 Fig. 1과 같은 스마트 시티 플랫폼의 참조 모델을 도출했다. 확장성과 통합 스마트 시티 애플리케이션을 구축할 수 있는 플랫폼의 개발을 지원한다.

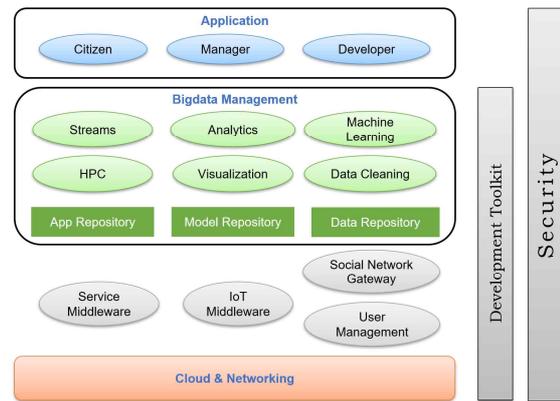


Fig. 1. Reference Model for Smart City Platform

스마트 시티 플랫폼 참조 모델의 최하위 수준 구성 요소는 도시 네트워크 노드의 관리 및 통신을 담당하는 클라우드 및 네트워킹이다. 이 구성 요소는 서버, 센서, 액추에이터 및 사용자 장치를 포함하여 플랫폼에 연결된 모든 장치를 식별한다. 클라우드 컴퓨팅 개념을 사용하는 것은 용량 확장성 및 기능 확장성을 포함하여 몇 가지 기본적인 비 기능적 요구 사항을 보장하는 데 중요하다. 클라우드 및 네트워킹 인프라 바로 위에 있는 구성요소는 IoT 미들웨어 및 서비스 미들웨어가 포함된다. IoT 미들웨어는 도시 IoT 네트워크를 관리하고 사용자 장치, 도시 센서 및 액추에이터와 플랫폼의 효과적인 통신을 수행한다. 서비스 미들웨어는 플랫폼이 애플리케이션에 제공할 서비스를 관리하여 이러한 서비스의 게시, 제정, 모니터링, 구성 및 구성과 같은 작업을 수행한다. 스마트 시티 플랫폼 참조 모델의 BigData Management는 플랫폼의 모든 데이터를 관리하는 모듈이다. 도시에서 수집하고 플랫폼에서 생성한 데이터를 저장하는 역할을 수행한다. 애플리케이션 개발자와 스마트 시티 운영자는 미들웨어 구성 요소에 의존하여 스마트 시티 애플리케이션을 개발하고 배포한다. 도시에서 제공하는 개방형 데이터와

개방형 서비스를 사용함으로써 일반 시민과 사용자는 도시의 스마트 인프라 위에서 실행할 새로운 애플리케이션을 실행하거나 개발할 수도 있다. 플랫폼의 모든 구성 요소는 확장성, 보안, 개인 정보 보호 및 상호 운용성과 같은 여러 가지 비 기능적 요구 사항을 지원해야 한다.

4.2 스마트 시티 플랫폼의 검증 비교분석

Fig. 2는 스마트 시티 플랫폼 참조 모델의 구성요소인 빅데이터, IoT, 클라우드 컴퓨팅, CPS의 기술과 기능 요구 사항의 지원 관계를 나타낸 것이다. 대부분의 빅 데이터 플랫폼은 데이터 관리 및 데이터 프로세싱을 다루고 있음을 보여준다. 클라우드 컴퓨팅 플랫폼은 API 및 서비스 관리를 통해 외부 데이터 액세스를 처리한다.

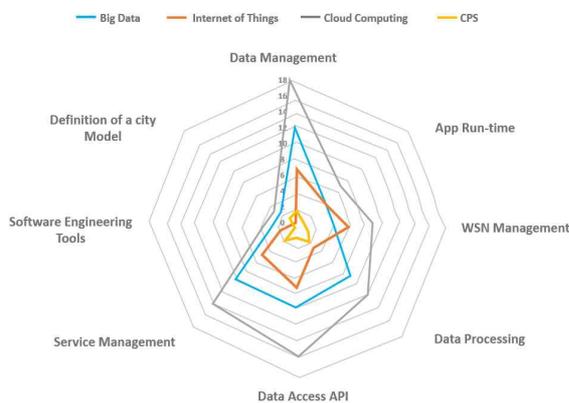


Fig. 2. Relationship between Implementation Technology and Functional Requirements

Fig. 3는 스마트 시티 플랫폼 참조 모델이 구현하는 빅 데이터, IoT, 클라우드 컴퓨팅, CPS의 기술과 분석 도출된 비 기능적 요구 사항의 지원 관계를 나타낸 것이다.

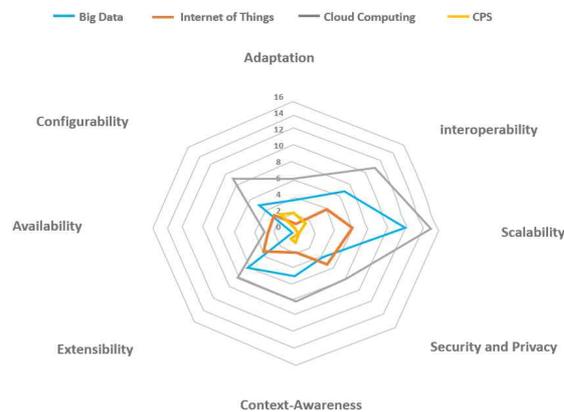


Fig. 3. Relationship between Implementation Technology and Non-Functional Requirements

스마트 시티 플랫폼 참조 모델의 구현 기술 모두는 확장성과 관련되어 있음을 알 수 있다. 클라우드 컴퓨팅 구현 기술은 비 기능적 요구 사항의 지원 정도가 대부분 큰 반면 CPS는 처리의 지원 정도가 작은 것을 확인할 수 있다. 상호호환성은 빅 데이터와 IoT를 사용하는 플랫폼에서 지원된다. 스마트 시티 플랫폼을 구현하는 데 있어서 대부분의 중요한 과제와 해결해야 할 연구 문제는 데이터 관리이다. 두 번째로 가장 많이 인용된 해결 과제로는 플랫폼이 지원해야 하는 다양한 시스템, 서비스, 애플리케이션 및 장치로 인한 이질성이다. 대도시의 많은 장치, 사용자, 데이터 및 서비스의 확대에 따른 호환성이 중요한 연구과제임을 확인하였다.

5. 결론

ICT의 발달로 스마트 캠퍼스를 비롯한 스마트 시티와 같은 생태계 활성화를 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다[20]. 스마트 시티는 도시 기반 시설과 도시 서비스 시스템으로 구성되어, 관련 기관에서 정보를 수집하고, 수집된 정보는 스마트 시티 플랫폼에서 처리 및 가공되어 도시 서비스 시스템 또는 타 시스템과 상호 연계되는 도시이다. 현재, 스마트 시티는 송도와 세종 신도시 등을 중심으로 활발히 구축 중이다. 스마트 시티 플랫폼은 2008년 8월 국토해양부 등 정부부처 간 업무협약을 체결하여 U-Eco City 통합 플랫폼을 개발하여 각 지자체에 보급하였으나, 교통 및 방범 서비스 같은 연계 프로그램의 활용도가 미미한 실정이다. 또한, 국토교통부에서 보급된 U-Eco City 통합 플랫폼의 단점을 개선하고 핵심 기술의 국산화하고, 교통, 방범, 방재, 시설물 관리, 환경오염, 기상예보 등 연계 서비스 패키지인 스마트 시티 통합 플랫폼을 개발하여 2022년까지 지자체에 보급할 예정이다. 전자부품연구원은 oneM2M 공통 IoT 플랫폼을 확장한 데이터 허브 플랫폼을 개발 중이며, 한국전자통신연구원은 세종시와 협력하여 도시의 정책 결정을 지원하는 스마트 시티 플랫폼을 개발하고 있다.

본 연구는 문헌 연구를 통하여 스마트 시티 플랫폼의 지원 기술과 요구 사항을 식별하고 기존 스마트 시티 플랫폼의 융합을 통한 스마트 시티 플랫폼의 참조 모델을 도출하고 기존 스마트 시티 플랫폼과 비교 분석하였다. 스마트 시티 플랫폼 참조 모델의 지원 기술로 사물 인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅 데이터 및 사이버 물리 기술을 기반 기술로 분류하였고 소프트웨어 플랫폼이 지원해야 하는

요구 사항을 도출하였다. 대부분의 빅 데이터 플랫폼은 데이터 관리를 요구 사항으로 언급 하지만 구성 가능성은 CPS 플랫폼과 밀접한 관련이 있다. 이러한 방식으로 특정 지원 기술을 사용할 때 해결해야 하는 요구 사항을 제시하였다. 이는 특정 기능적 또는 비 기능적 요구 사항의 구현에 사용할 기술을 결정하는 데 도움이 된다. 스마트 시티 플랫폼 참조 모델의 시사점으로 플랫폼 개발자는 지원 기술을 참조하여 스마트 시티를 구축하는 데 필요한 인프라를 식별하는데 이용할 수 있고, 도시 관리자는 빅 데이터 및 클라우드 컴퓨팅을 위해서 이 정보를 사용하여 데이터 및 서비스에 접근하기 위해 방대한 양의 데이터 스토리지와 네트워크 인프라에 대한 투자 결정 할 수 있다.

스마트 시티 플랫폼으로 제시된 참조 모델에서는 기존 플랫폼에서 가장 많이 인용된 지원 기술만 사용했다. 그러나 M2M Communications 및 Semantic Web과 같이 일부 플랫폼에서만 또는 특정 목적으로 사용되는 기술로 플랫폼의 기본 모델 구성 요소로 포함되지 않지만 미래에는 매우 중요해질 수 있다. 향후 특정 도시의 환경과 신규 기술을 고려한 시민의 삶의 질을 향상시키는 궁극적인 목표에 도달하는 스마트 시티 플랫폼 참조 모델의 개선에 관한 연구는 지속되어야 한다.

REFERENCES

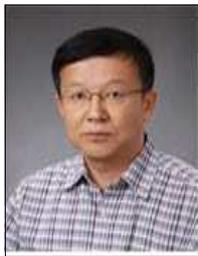
- [1] H. M. Kang & K.T. Hwang.(2018). Analysis of Research Trends of Cyber Physical System(CPS) in the Manufacturing Industry. *Informatization Policy*, 25(3), 3-28.
DOI : 10.22693/NIAIP.2018.25.3.003
- [2] A. Caragliu, C. Del Bo & P. Nijkamp.(2011). Smart cities in europe. *J. Urban Technol.* 18(2), 65-82.
- [3] K.H. Yoo.(2017). Effective visualization methods for a manufacturing big data system. *Journal of the Korean Data And Information Science Society*, 28(6), 1301-1311.
DOI : 10.7465/jkdi.2017.28.6.1301
- [4] K. Tei & L. Gurgen.(2014). ClouT: Cloud of things for empowering the citizen clout in smart cities. *In Proceedings of the 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT'14)*. IEEE, 369-370.
- [5] L. Sanchez, L. Munoz, J. A. Galache, P. Sotres, J. R Santana, V. Gutierrez, R. Ramdhany, A. Gluhak, S. Krco, E. Theodoridis & P. Dennis. (2014). SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networ.* 61, .217-238.
- [6] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista & M. Zorzi.(2014).. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22-32.
- [7] P. Ballon, J. Glidden, P. Kranas, A. Menychtas, S. Ruston & S. V. D. Graaf. (2011). Is there a need for a cloud platform for european smart cities? *In eChallenges e-2011 Conference Proceedings*, IIMC International Information Management Corporation, 1-7.
- [8] J. A. Galache, T. Yonezawa, L. Gurgen, D. Pavia, M. Grella & H. Maeomichi. (2014). Clout: Leveraging cloud computing techniques for improving management of massive iot data. *In 2014 IEEE 7th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications*, 324-327.
- [9] A. Elmangoush, H. Coskun, S. Wahle & T. Magedanz.(2013). Design aspects for a reference M2M communication platform for smart cities. *In Proceedings of the 2013 9th International Conference on Innovations in Information Technology (IIT'13)*. IEEE, 204-209.
- [10] R. Petrolo, V. Loscri & N. Mitton. (2014). Towards a cloud of things smart city. *IEEE COMSOC MMTCE-Letter*, 9(5).
- [11] C. Wu, D. Birch, D. Silva, C.H. Lee, O. Tsinalis & Y. Guo.(2014). Concinnity: A generic platform for big sensor data applications. *IEEE Cloud Computing*. 1(2), 42-50.
- [12] M. Bain. (2014). Sentilo-Sensor and Actuator Platform for smart Cities, *Retr. Febr*, 20.
- [13] K. Takahashi, S. Yamamoto, A. Okushi, S. Matsumoto & M. Nakamura. (2012). Design and implementation of service API for large-scale house log in smart city cloud. *In Proceedings of the 2012 IEEE 4th International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom'12)*. IEEE, 815-820.
- [14] B. Cheng, S. Longo, F. Cirillo, M. Bauer & E. Kovacs. (2015). Building a big data platform for smart cities: Experience and lessons from santander. *In 2015 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress'15)*.IEEE, 592-599.
- [15] S. Thornton. (2013). Chicago's WindyGrid: Taking Situational Awareness to a New Level. Data Smart City Solutions.
- [16] G. Anastasi, M. Antonelli, A. Bechini, S. Brienza, E. D'Andrea, D. De Guglielmo, P. Ducange, B. Lazzarini, F. Marcelloni & A. Segatori. (2013). Urban and social sensing for sustainable mobility in smart cities. *In Proceedings of the Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT'13)*, IEEE, 1-4.
- [17] Y. W. Lee & S.W. Rho. (2010). U-city portal for smart ubiquitous middleware. *In Proceedings of the 2010 The 12th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT'10)*, 1, 609-613.
- [18] W. Apolinariski, U. Iqbal & J. X. Parreira. (2014). The

GAMBAS middleware and SDK for smart city applications. *In Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM'14)*. IEEE, 117-122.

- [19] F. J. Villanueva, M. J. Santofimia, D. Villa, J. Barba & J. C. Lopez. (2013). Civitas: The smart city middleware, from sensors to big data. *In Proceedings of the 2013 7th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS'13)*. IEEE, 445-450.
- [20] B. M. Seo. (2019). A Study on the Establishment of Platform for Smart Campus Ecosystem. *Journal of Industrial Convergence*, 17(3), 39-49.

김 영 수 (Young-Soo Kim)

[장학원]



- 2003년 8월 : 국민대학교 정보관리학과 (시스템공학박사)
- 2020년 9월 ~ 현재 : 한세대학교 IT융합전자공학과 교수
- 관심분야 : 인공지능, 스마트시티, 공간 정보
- E-Mail : experkim@gmail.com

문 형 진 (Hyung-Jin Mun)

[장학원]



- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 (이학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 성결대학교 정보통신공학과 조교수
- 관심분야 : 정보보안, 네트워크 보안, 빅데이터분석
- E-Mail : jinmun@gmail.com