

스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 사업관리모델

Technical Report [1부-4권]

스마트시티
혁신성장동력 프로젝트

[1-4세부과제]
주관연구기관-한국건설기술연구원

과제명	스마트시티 프로젝트 관리·평가 모델 개발 및 협력프로그램 발굴	연구기간	'18.09 ~ '22.12 (4년 4개월)
		예산	총 35억원 (정출금 : 35억원)

개념도 (서비스 시나리오)



KPI (성과지표)	사업관리모델 구축	90%	핵심별 대표 KPI 적절성	80%	데이터 허브 완성도 검증	90%
------------	-----------	-----	----------------	-----	---------------	-----

과제 개요

- (배경) 도시, 시민, 정보, 서비스를 융합하는 스마트시티 구축하는 융복합형 사업을 위한 관리모델 필요
- (목적) 스마트시티 구축의 복합적인 특성(System of Systems)이 반영된 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 관리모델을 제시하고 사업관리에 적용, 실증

주요 연구내용

- 스테이지-게이트 기반 성과관리체계를 도입하여 국가 R&D 체계와 접목과 관리운영 체계를 개발, 실증
- Top-Down(도시 차원)과 Bottom-Up(개발자 차원)의 연구성과 연계를 위한 Hourglass Model 기반 성과관리 체계 개발 및 성과 관리
- 데이터허브 시험규격, 검증방안을 개발하여 본 과제를 통해 신규 개발된 데이터허브를 대상으로 인터페이스, 데이터모델 운영시험을 실시하고 완성도 검증
- 혁신성장동력 프로젝트 사업관리 및 운영을 위한 성과물 관리 및 배포자료 개발

기술적 차별성

- 국가R&D 사업을 대상으로 스테이지-게이트 기반의 사업 관리 방법론을 적용하고, 3P(포트폴리오-프로그램-프로젝트) 개편을 도입한 성과지표 관리체계를 수립 적용함
- 기존 Top-Down의 단방향적인 서비스 개발 및 성과관리에서 한 단계 나아가 구체적인 서비스 내용과 성과에 있어서 도시 차원과 개발자 차원, 개발자 차원과 사용자 차원의 양측을 잇는 관리체계를 수립함
- 혁신성장동력 프로젝트를 통해 개발된 스마트시티 데이터 허브의 검증방안을 개발하고 완성도 검증 수행

기대효과

- 스마트시티 프로젝트를 개발·실행하고자 하는 도시와 도시 간 이해관계자에게 추진 사례를 제시하고, 통합 계획·관리에 있어 무엇을 기대하고 준비해야 하는지를 사전에 파악할 수 있도록 정보를 제공
- 양방향적인 서비스 관리체계를 수립함에 따라 시민들의 스마트시티 서비스에 대한 체감 효과를 극대화할 수 있으며, 성과 추적을 통하여 미래 계획을 효과적으로 수립할 수 있음

참여기관

[주관] [공동]

[위탁]

▶ 실증경과 및 결과

- ① 스테이지-게이트 기반 관리 체계 운영
 - 스테이지-게이트 기반 성과관리체계를 도입, 운영
 - 스마트시티 사업관리모형을 실증하고 참조 모델 제시
- ② 대구광역시, 시흥시 대상 성과지표 성과지표 모델 수립
 - 대구광역시 서비스 4개 분야, 시흥시 서비스 5개 분야에 대해 스크럼 회의 12회, 스프린트 회의 3회를 진행하여 총 305개의 KPI와 분야별 Hourglass 모델을 운영, 지표 타당성 검증
- ③ 시스템엔지니어링 기법을 통해 성과도출 지원
 - 27건의 관리 포인트를 제시하고 58회의 대응활동 수행하고 스마트시티 사업에 대한 SE 적용방안 제시
- ④ 데이터허브 시험 검증
 - 증방안을 개발하여 인터페이스 시험을 통한 완성도 검증

▶ 실증 대상지



2핵심(대구광역시), 3핵심(시흥시)
서비스 대상 KPI 위원회 운영

단위서비스 및 요소기술

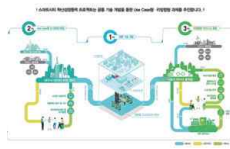
스테이지-게이트 기반 성과관리

- 국가 R&D체계를 준수하면서 신규관리 기법을 도입 운영
- 연구개발계획과 스테이지-게이트를 연계하여 관문심사를 통한 자체평가, 사업평가 지원



홈페이지, 사업관리 시스템 도입

- PMS 도입을 통한 중간산출물 관리, 관문심사 체계 운영
- PMS, 홈페이지 이용한 성과물 관리 및 배포자료 개발



시스템 엔지니어링 기법 도입

- SE 스크럼 미팅을 통한 워크포인트 식별 및 가이드
- 스마트시티 사업을 위한 SE 적용방안 개발



3P기반 핵심성과 관리모델 개발

- 도시와 개발기관의 연구성과를 연계한 Hourglass 모델 개발



- 세부과제별 Hourglass 모델 및 대표 KPI에 대한 지표 타당성 검증

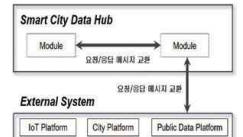
대구, 시흥 서비스 성과지표 도출

- KPI 위원회 (스크럼, Sprit) 운영으로 서비스별 지표도출, 세부 가이드라인과 피드백 공유, 지표 운영을 가이드



데이터허브 시험, 검증

- 데이터허브 시험규격, 시험장비, 검증방안을 설계, 개발
- 검증모형을 통해 인터페이스, 데이터모델 완성도 검증



▶ 실증을 통한 시사점

- 혁신성장동력 프로젝트는 국가R&D사업을 지자체와 협력하여 연구기관이 수행함으로써 공모, 발주, 사업관리 등에 다양한 기준이 적용되어 목표 설정, 관리기법 적용, 평가 관리가 중첩되는 부분이 있음
- 지자체가 직접 사업수행 주체로 비전, 목표 및 계획수립, 구현, 관리, 운영을 추진할 경우 도시, 시민 관점의 서비스 개발과 성과물 이관 및 향후 운영체계 구축이 보다 효과적으로 진행될 것으로 예상됨
- 본 사업은 서비스 개발이 시작된 이후에 본 과제가 시작되었으나, 향후 본 사업관리 모델을 적용하고자 할 경우 사업기획 단계에서부터 적용하여 서비스 및 목표를 수립하는 것이 보다 효과적일 것으로 판단됨

▶ 타 지자체 확산방안

- 가까운 미래에 스마트시티 프로젝트를 개발·실행하고자 하는 도시와 도시 이해관계자에게 사례를 제시하고, 통합 계획·관리에 있어 무엇을 기대하고 준비해야 하는지를 사전에 파악할 수 있도록 정보를 제공
- 대구, 시흥의 구축 사례를 구축 사례로 제공하여 사업추진 경험으로 공유하여 향후 각 지자체가 실행계획 수립과 프로젝트 추진에 참조, 활용할 수 있음
- 스마트시티 구현 계획 수립 및 R&D 등 각종 스마트시티 관련 사업을 진행하는 지자체에 확산 적용하여 효과적인 서비스 개발 및 성과관리에 활용할 수 있음



연구책임자
한국건설기술연구원
김성식 선임연구위원
sskim@kict.re.kr
sskim@kict.re.kr



집필자
연세대학교
이정훈 교수
jhoonlee@yonsei.ac.kr



집필자
한국정보통신기술협회
김재은 팀장
kimjaeeun@tta.or.kr



담당자(문의처)
한국건설기술연구원
김정훈 연구원
kimjunghoon@kict.re.kr

• 목차 •

제1장

스태이지-게이트 기반 사업관리

- 1. 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 사업의
특성 407
- 2. 사업관리 운영 모델..... 408
- 3. 스테이지-게이트 기반 사업관리 체계 수립 415
- 4. 스테이지-게이트 기반 사업관리 체계 운영 419

제2장

핵심성과 관리모델 개발 및 평가체계 구축

- 1. 핵심성과지표 관리모델 개발..... 425
- 2. 핵심성과지표 도출 432
- 3. 세부사업단별 대표 KPI 도출 439

제3장

실증도시 데이터허브 및 데이터셋 표준 적용 검증

- 1. 데이터허브 시험검증 추진 방안 연구 444
- 2. 데이터허브 시험검증방안 설계..... 447
- 3. 데이터허브 데이터 모델 검증방안 설계 ... 448
- 4. 데이터허브 검증체계 수립..... 450

제4장

확산방안

- 1. 스마트시티 사업관리 모델 활용 방안 461

제5장

Lesson learned

- 1. 시사점 및 개선 방안 463

• 🔍 용어 정리 •

용어	정의
3P	포트폴리오-프로그램-프로젝트(Portfolio-Program-Project) 3개 계층 구조에 따른 사업관리 방식(예:스마트도시-교통서비스-버스도착안내시스템구축)
Alliance 과제	민간기업의 보유기술 활용 및 개방성 강화를 위하여 스타트업 등 다양한 기업의 참여를 위한 파트너 프로그램형 과제
Grant 과제	기술변화에 대응하고, 최신 지식 활용 및 요소기술 개발을 위하여 추진하는 기초연구 또는 응용연구과제
ETSI CIM	유럽전기통신표준협회가 정한 시멘틱, 컨텍스트 기반 정보 모델 (European Telecommunications Standards Institute Context Information Management)
Hourglass 모델	혁신성장동력프로젝트를 위해 개발된 서비스 수준 성과지표 모델 (수행 과제 KPI, System 지표, System 효과지표, 서비스 효과지표, Effect지표로 구성)
KPI	특정 목표 달성을 위해 관리해야 할 각각의 요소들의 성과지표 (Key Performance Index)
NGSI-LD	시멘틱과 컨텍스트 기반의 데이터 관리 표준으로 NGSI 인터페이스에 Linked Data 개념을 추가 지원(Next Generation Service Interfaces-Linked Data)
POC	개념증명, 새로운 프로젝트가 실제로 실현 가능성이 있는가, 효과와 효용, 기술적인 관점에서부터 검증을 하는 과정(Proof Of Concept)
스테이지-게이트 프로세스	제품 개발을 목표로 아이디어 발의부터 출시까지의 제품 개발 전 과정을 관리하는 R&D 프로세스
에자일 방법론	지속적인 요구사항 개발과 변경을 수용할 수 있도록 스프린트(Sprint)라는 짧은 업무 주기에 반복 협의(Scrum)를 시행하여 점진적으로 검증하며 성과물을 완성해 나아가는 방법

• 표 목차 •

〈표 1-1〉 3P 체계에 따른 성과지표	412
〈표 1-2〉 스테이지-게이트 설정 예시	416
〈표 2-1〉 핵심별 대표KPI 검증 진행 내역	441

· 그림 목차 ·

〈그림 1-1〉 사업관리 운영 모델	411
〈그림 1-2〉 Hourglass Model	413
〈그림 1-3〉 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트의 Stage-Gate 프로세스	418
〈그림 1-4〉 스테이지-게이트 프로세스 운영절차	418
〈그림 1-5〉 스테이지-게이트 현황 (2차년도)	421
〈그림 1-6〉 스테이지-게이트 현황 (3차년도)	422
〈그림 1-7〉 1세부 사업단 스테이지-게이트 설계 현황 (3차년도).....	423
〈그림 1-8〉 2세부 사업단 스테이지-게이트 설계 현황 (3차년도).....	423
〈그림 1-9〉 3세부 사업단 스테이지-게이트 설계 현황 (3차년도).....	423
〈그림 2-1〉 혁신성장동력 프로젝트 3P 레벨	425
〈그림 2-2〉 계층화를 통한 3P 단계별 KPI 관리	426
〈그림 2-3〉 하향식, 상향식 관리지표를 연결한 스마트시티 서비스 수준 평가체계 ..	426
〈그림 2-4〉 Hourglass Model 레벨별 성과측정 구분 및 정의	427
〈그림 2-5〉 하향식 접근 방식의 Must, Should 지표 레벨	429
〈그림 2-6〉 Hourglass Model 레벨별 KPI 도출 가이드	431
〈그림 2-7〉 지표 수립 모델 개발 및 각 핵심 서비스별 지표 수립 절차	433
〈그림 2-8〉 하향식(Top-Down) KPI(Effect 지표, 서비스 효과지표) 도출	433
〈그림 2-9〉 상향식(Bottom-Up) KPI(System 효과지표, Tools지표), 수행과제 KPI 도출.....	435
〈그림 2-10〉 KPI 스크럼위원회 추진 절차	437
〈그림 2-11〉 KPI 스크럼위원회 스테이지-게이트 : KPI 워크숍 스테이지-게이트별 산출물	437
〈그림 2-12〉 Bottom-Up 레벨의 지표에 대한 SMART 기법 전문가 검증 결과.....	438
〈그림 2-13〉 세부사업단 대표 KPI 선정 조건	440
〈그림 3-1〉 스마트시티 데이터허브 시험대상 및 범위	445
〈그림 3-2〉 스마트시티 데이터허브 시험규격 개발 절차	446
〈그림 3-3〉 스마트시티 데이터허브 시험장비 개발 절차	447
〈그림 3-4〉 데이터허브 인터페이스 적합성 검증 프로세스	447

Contents

〈그림 3-5〉 스마트시티 데이터허브 인터페이스(메시지 교환) 모델	450
〈그림 3-6〉 유럽전기통신표준협회(ETSI CIM) 표준 구성	451
〈그림 3-7〉 스마트시티 데이터허브의 인터페이스 표준 적합성 시험검증 범위	452
〈그림 3-8〉 스마트시티 데이터허브 인터페이스 시험장비 구성도	453
〈그림 3-9〉 NGSI-LD 기반 데이터허브의 데이터 모델 시험검증 범위	455
〈그림 3-10〉 데이터 모델 적합성 시험 시나리오 예시	456
〈그림 3-11〉 데이터허브의 데이터 모델 적합성 시험장비 시스템 구성도	458
〈그림 3-12〉 데이터 모델 적합성 시험 시나리오 예시	459
〈그림 3-13〉 데이터 모델 적합성 시험구성도	460

1 | 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 사업의 특성

- 스마트시티 구축 사업은 도시(지자체) 중심의 추진체계를 구성하여 도시가 구축계획을 수립하고 비전 및 목표 수립, 예산확보, 사업 발주 및 관리를 수행한다.
 - 지자체가 수행하는 대부분의 사업이 실무 적용성 확보를 위해 새로운 기술의 도입보다는 기존 업무 또는 서비스를 정보화하고 개선하는 데 목표를 두는 반면 국내 스마트시티 사업은 정보화 시스템을 활용하는 신규 서비스의 발굴과 실증에 중점을 두고 있다.
- 대형 국가R&D 사업단의 대부분은 컨소시엄 형태의 추진체계 구성하여 경쟁을 통해 선정된 연구그룹이 사업을 수행한다. 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트는 연구 성과를 향상시키고 급변하는 대내·외적 환경변화에 대응하기 위하여 기존의 추진방식을 개선하는 다양한 전략을 수립, 추진하였다.
 - 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 수행을 위한 사업단이 먼저 출범하고 각각의 연구를 수행할 세부사업단을 단계적인 개별 발주를 통하여 선정하여 사업단을 확장하였다.
 - 국가R&D사업 성과를 실증하기 위한 도시를 사전에 정하지 않고 공모를 통해 도시를 선정함으로써 최적의 실증 대상지를 선택하였다.
- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트는 국가연구개발사업으로서 발굴, 기획, 시행되었다. 스마트시티 사업 자체가 다학제적, 융복합 성격을 가지고 있는 데다, ICT 분야 최신 기술을 적용과 시험, 실증 방안을 망라함에 따라 다양한 전문분야 연구기관과 기업이 참여하는 복잡한 연구개발 사업의 특성을 가지고 있다.
 - 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트는 도시 데이터허브 개발, 네트워크 인프라 개발, 개별 서비스 실증, 시민참여를 위한 프로그램 운영이 종합 추진되었다.

- 기존 기술의 한계를 극복하고 시민이 체감할 수 있는 실증 서비스 개발을 위해 다양한 기술의 융합이 진행되고 혁신성장동력 프로젝트의 특성을 고려한 사업관리와 성과측정이 이루어졌다.
- 실증 대상지인 대구광역시 및 시흥시의 도시 관계자, 사업단, 연구기관, 리빙랩 참여 시민 등 프로젝트에 영향을 미칠 수 있는 다양한 이해관계자가 참여하여 프로젝트 추진의 난이도가 증가되었다.
- 이에 따라 본 사업에서는 별도의 세부과제를 편성하여 사업관리 모델을 운영하고, 성과관리를 위한 새로운 관리체계 개발하였으며 데이터허브에 대한 검증 작업을 추진하였다.

2 | 사업관리 운영 모델

- 혁신성장동력 프로젝트는 기존의 국가연구개발사업 사업관리 체계에 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트를 위한 도전적 사업관리 방안을 도출하여 적용하였다.
- 전형적인 국가R&D 사업관리 방식을 벗어나 다른 스마트시티 구축사업과 차별화된 관리기법을 도입, 적용하여 성공적인 성과물 도출을 위한 다각적 노력을 기울였다.
- 과제선정과 운영방식을 개선하여 참여 연구기관, 추진 연구과제 등 사전에 정해진 내용을 수행하는 하기보다는 확장, 변화형 운영방식을 적용하였다.
- 사전 기획된 스마트시티 서비스를 위한 실증 대상 도시 공모
- 지자체, 사업단 협의체를 통한 사업 추진체계 구성
- 세부과제 참여기관 분리공모를 통해 단계적인 연구진 구성
- 지자체 지정, 시민참여 기반 자유과제 선정
- 스타트업 등 기업참여와 기술변화에 능동적인 대응을 위해 본 과제 수행 중 플러그인(Plug-in) 형태로 참여가 가능한 얼라이언스 및 그랜트 과제 도입
- 스테이지-게이트 관문심사를 통한 사업계획, 참여기관 조정 시행
- 혁신적 운영방식 실증을 위해 관리, 평가, 검증을 위한 과제편성

- 융복합적 성격인 본 사업의 사업관리를 위해 다양한 관리기법을 동원하여 사업관리 및 의사결정 과정에 활용하였다.
 - 작업분류체계(WBS) 기반 사업 분석
 - 스테이지-게이트 기반의 성과관리 방안 도입
 - 시스템 엔지니어링 기반 취약점 분석, 점검
 - 애자일 기법 적용한 스크럼위원회 운영
 - 3P 기반의 성과지표 개발
 - 고객만족도 조사 기반 성과 측정
 - 데이터허브 성능검증 방안 개발 및 검증시험
 - 국가연구개발사업관리 절차와 신규 도입기법 병행

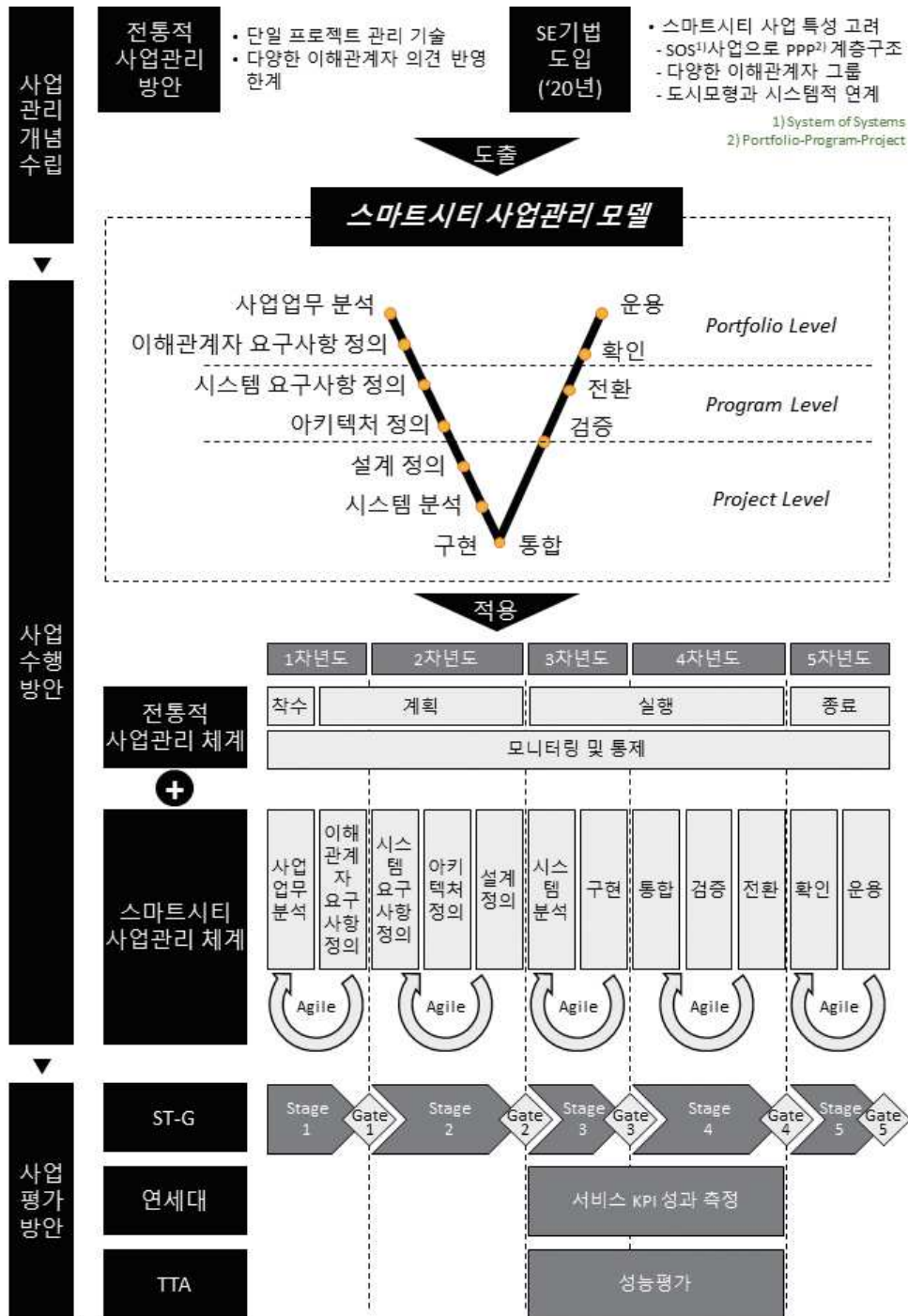
- 사업관리 운영 모델은 연구기관별 연구 성과가 효율적으로 산출되고, 최종적으로는 프로젝트 목표 달성에 효과적으로 기여할 수 있도록 성과 목표와 성과 평가절차 등을 체계적으로 관리하기 위해 수립되었다.
 - 성과 관리체계는 성과 창출의 주체를 3P(Portfolio-Program-Project) 체계로 계층화하고 해당 위계별 성과 목표를 제시하였다.
 - 성과 평가체계는 SE 기법(V-model 및 스테이지-게이트 프로세스 등)을 도입하여 연구기관별 성과를 평가하기 위한 절차를 제시하였다.
 - 데이터허브 완성도 검증을 위한 방안을 개발, 시험하였다.

2-1 사업관리 운영 모델 개요

- 사업관리 모델의 운영
 - 사업관리 운영 모델은 전통적인 사업관리 방안과 SE 기법이 함께 적용되며, 사업 수행의 전주기(착수, 계획, 실행, 모니터링 및 통제, 종료)에 걸쳐 수행되었다.
 - 연구 추진의 흐름은 V-model을 기반으로 검증(Verification)과 확인(Validation) 과정을 거치며, 3P 체계를 적용하여 조직 위계에 따라 업무를 구분하였다.
 - 스테이지-게이트 프로세스를 통해 각 연구기관이 기관별 산출물과 이에 대한 평가 기준을 직접 제시하고, 각 단계(Stage)에서 다음 단계(Stage)로의 진입을 위해서는 관

- 문(Gate)을 통과하기 위한 관문심사(Gate Review)를 통해 전문가 및 이해관계자의 검토를 수행해야 한다.
- 웹 기반 PMS(Project Management System)와 홈페이지를 통해 관련 성과물을 취합하고 평가결과를 취합할 수 있도록 지원하였다.
 - 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트에는 다양한 이해관계자가 존재하며 이들을 대상으로 프로젝트에 대한 빠른 정보 공유 및 대응이 필요하므로, 복잡한 사업관리 운영 모델을 적용 시 프로젝트 난이도가 너무 높아져 프로젝트 실패 확률이 높아질 수 있다.
 - 또한 해당 실증 사업이 국가 연구개발사업으로 진행되는 만큼 연구비, 연구 기간 및 규정 측면에서 과제 수행의 유연성이 높지 않은 편이다.
 - 하지만 급변하는 환경 변화와 기술 발전을 연구에 반영하고 기민하게 대응 가능한 탄력적 사업관리 방안이 필요한 영역도 존재한다.
 - 따라서 사전에 설계된 계획에 따라 연구를 수행하되, 변화에 대한 빠른 대응이 필요한 일부 주제에 한하여 Agile을 도입하는 형태의 사업관리 운영 모델을 수립하였다.
 - V-model 및 스테이지-게이트 프로세스를 적용하여 사전에 설계된 계획에 따라 연구를 수행하고 결과에 대한 평가를 시행하였다
 - 스마트시티 사업단의 연구기관 상시 점검회의를 통해 연구계획을 미세하게 조정하고, 기술위원회 산하 스크럼 위원회를 운영함으로써 Agile 방법론의 장점을 취하였다.
 - 애자일 기법 적용한 스크럼위원회는 세부과제 연구기관 간의 연계 및 공통 논의가 필요한 사안에 대한 수평적 논의를 위해 스프린트(Sprint)라는 짧은 업무주기(2-4주 내 외)를 반복 진행하며 점진적으로 발전 성과물을 검증하며 완성해 나아가는 방식으로 운영되었다.
 - 국가연구개발사업의 특성을 고려하여 각 도시별, 세부사업단별 추진체계를 수용하고, R&D 성격의 연구개발 과제, 정보시스템과 하드웨어 개발, 정보화 인프라 구축, 시민참여를 위한 리빙랩 운영 등 각 세부과제별 특성을 반영하여 운영할 수 있도록 하였다, 참여기관의 기관 특성이 다르고 적용하는 방법론에 따른 차이를 수용하였다.
 - 스테이지-게이트 기반의 사업관리 운영모형을 성과관리 체계와 연계하여 3P 기반

의 성과지표 체계를 새로 개발하여 사업관리 체계와 성과지표의 연계 운영을 추진하였다. 각 참여주체의 역할과 입장을 수용하였으며 2, 3세부사업단의 서비스 실증 과제의 경우 고객만족도를 중심으로 성과를 측정하였고, 1세부사업단의 경우 기반 기술개발에 특화되어 세부과제 특성에 맞는 성과관리체계를 설정하였다.



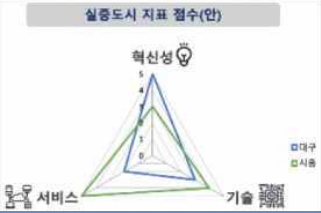


<그림 1-1> 사업관리 운영 모델

2-2 핵심성과 관리모델 개발 및 평가체계 구축

- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트는 Project(서비스 단위), Program(분야 단위), Portfolio(도시 단위) 레벨을 구분하고 해당 체계에 따른 성과 관리를 수행하였다.
- 3P 계층 구조를 수립하여 각 레벨의 성격과 규모에 부합하는 역할 및 달성 성과를 부여함으로써 세부사업단과 세부과제별 특성을 반영하였다.
- 또한 3P 계층 구조를 통해 개별·분리 공모된 과제 간의 성과목표를 종합하고 세부 과제별 추진 목표와 사업단의 사업추진 방향이 일치하도록 정합성 및 연계성을 강화하였다.

〈표 1-1〉 3P 체계에 따른 성과지표

Project(서비스)	Program(분야)	Portfolio(실증도시)
		
개별 서비스 구축 단계 검증 및 완료 후 효과성 평가	각 분야별 도시 현황(성숙도 및 잠재력) 평가	도시 단위의 스마트시티를 평가
<ul style="list-style-type: none"> • 각 분야별 서비스 (V-Model 기반)로 구성 • 총 7개의 서비스에 대한 구축 과정 검증, 구축 후 효과성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 각 분야별 신규 서비스 기획 및 운영을 위한 기반 시설 및 제도적 지원의 여부 평가 (ex. 시민참여 수준) 	<ul style="list-style-type: none"> • 가치 관점에서 도시를 접근하여 혁신성장동력 프로젝트를 평가 • 사업단의 목표와 비전과 각 세부 과업들의 방향을 정합

- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트는 대구광역시와 시흥시를 대상으로 스마트시티 서비스를 개발, 실증하는 사업으로, 스마트시티 실증 서비스의 서비스 수준 평가를 위해 지표수립 모델 개발, 지표 산출, 지표 검증의 과정을 거쳤다.
- 과제의 성공적인 수행을 검증하기 위해 3P 레벨에 따라 세부사업단별 KPI(Key Performance Index, 이하 KPI)를 도출하고 서비스 수준 성과지표를 수립하였다.
- 서비스 수준 성과지표 수립은 시민들에게 실증 서비스를 제공하는 대구 시흥시 실증 서비스 과제(교통, 안전, 도시행정, 환경, 에너지, 복지, 리빙랩 등)를 대상으로 실시하였다.

- 서비스 수준 성과지표는 지표 수립 모델 개발, KPI 스크럼 위원회 운영 및 협의를 통한지표 산출, SMART 기법 기반의 지표 검증 과정을 거쳐 개발하였다.
- 서비스 수준 성과지표 수립을 위해 Hourglass 모델을 개발하였으며, 해당 모델을 기반으로 각 세부과제의 서비스 레벨별 KPI 정의서 및 지표 인과 관계를 도출하였다.



〈그림 1-2〉 Hourglass Model

- Hourglass 모델은 수행과제 KPI → System 지표 → System 효과지표 → 서비스 효과지표 → Effect 지표 측정에 따라 점진적 효과성을 측정할 수 있도록, Top-Down 관점의 KPI와 Bottom-Up 관점의 KPI가 모두 고려된 KPI 설정 모델이다.

2-3 데이터허브 완성도 검증

- 본 사업에서는 혁신성장동력 프로젝트를 통해 개발하는 데이터허브의 실증도시 및 국가시범도시의 성공적 적용 및 안정적 모델 운영을 위해서 데이터허브 기능, 인터페이스 및 데이터 모델에 대한 검증 체계 구축을 위해 요구사항 연구 및 개념증명 (PoC)을 수행하였다.
- 데이터허브 개발과정에서 도출된 기능, 인터페이스 및 데이터 모델에 대한 시험검증 요구사항을 반영하여 데이터허브 수집 모듈을 대상으로 시험항목, 시험목적, 절

차 및 판정기준을 정의하였다.

- 정의된 시험에 따라 개념증명을 위해 수집 모듈을 대상으로 시험검증을 수행하였다. 개발된 시험검증 체계를 이용하여 데이터허브 확산 모델의 완성도를 검증하였으며, 2개 도시에 구축된 데이터허브를 대상으로 시험검증을 수행하였다.

○ 데이터허브 기능 검증방안 수립

- 데이터허브의 기능에 대한 적합성을 검증하기 위해 데이터허브의 주요기능에 대한 요구사항을 분석하였다.
- 분석한 요구 사항을 바탕으로 해당 기능을 확인하기 위한 시험 항목, 시험절차 설계를 통한 검증 방안을 수립하였다.

○ 데이터허브 인터페이스 및 데이터모델 검증방안 수립

- 데이터허브 인터페이스의 적합성을 검증하기 위해 데이터허브의 기술규격 중 'TS-04 아키텍처 및 인터페이스'를 이용하여 검증 방안을 개발하였다.
- 데이터허브의 인터페이스 및 데이터모델 검증방안을 위한 시험항목, 시험절차 설계를 통한 검증방안을 수립하였다.

○ 데이터허브 인터페이스 검증 체계 구축

- (추진 방향) 데이터허브 시험규격의 신뢰성을 확보를 위해 ETSI CIM의 NGSI-LD 인터페이스 적합성 시험검증 체계 개발 추
- (시험규격) ETSI CIM 시험 규격을 기반으로 데이터허브 인터페이스 표준적합성 시험규격 개발
- (시험환경) 테스트 자동화를 위한 로봇 프레임워크(Robot Framework) 기반의 적합성 시험장비 개발
- (시험대상) NGSI-LD 기반의 Central Broker를 포함하는 데이터허브
- 데이터허브 서비스 데이터 모델 검증 체계 구축
- (추진 방향) 재난안전에너지·환경 등 실증도시에서 활용하는 데이터 모델 적합성 검증 추진
- (시험규격) NGSI-LD API 시험항목 중 시나리오 기반 시험절차를 적용하여 시험 규격 개발

- (시험환경) 스키마 기반의 데이터모델 시험검증 모듈 개발을 통한 시험환경 구축
- (시험수행을 위한 시험대상 준비사항) 2, 3세부사업단의 도시별 데이터허브 데이터 모델에 대한 스키마(JSON schema) 파일 필요

3 | 스테이지-게이트 기반 사업관리 체계 수립

3-1 스테이지-게이트 프로세스 개요

- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 사업의 특성과 다학제적, 융복합 사업의 특성을 고려하여 연구 개발부터 실증까지 연구수행 전 과정에 대한 모니터링을 추진했다.
 - 공모를 통해 선정된 도시와 함께 사업단-도시-세부사업단-세부과제에 이르는 연구 수행체계 정립하고 이에 부합하는 적절한 수준의 사업관리가 필요했다.
 - 도시 스마트시티 구축 사업에 국가연구개발사업의 특성을 반영하고, 각 연구기관이 사업단의 추진목표에 부합하는 연구성과를 도출하기 위해 세부 과제별, 기관별 성과관리 체계를 수립하였다.
- 분리 공모에 따라 단계적으로 확대, 구성되는 사업단이 사업 수행과정에서 각 참여 기관의 역할과 연구개발 수행과정을 실질적으로 모니터링 할 수 있도록 스테이지-게이트 프로세스를 도입하였다.
 - 스테이지-게이트 프로세스를 통해 연구개발 및 사업관리에 있어 사업수행과정상 명확한 의사결정체계를 마련하여 연구자의 연구수행 과정상 불확실성 해소를 추진하였다.
 - 계층화된 의사결정구조와 마일스톤에 따른 체계적인 관리를 통해 연구개발 중간단계의 문제점을 쉽게 파악하고, 해결방안 도출을 위한 사업단과 연구기관이 협력하였다.
 - 연구개발 및 실용화 단계별로 참여연구기관 및 연구자에 대한 책임성과 실질적인 자율성을 부여하여 연구의 질적 향상을 도모하였다.

3-2 스테이지-게이트 프로세스 운영 개념

- 스테이지-게이트는 제품개발에 적용되었던 프로세스로 위험이 수반되는 신제품 개

발과정을 각각의 개발단계 별로 점검하여 제품을 개발을 완료하는 사업관리 모델을 말한다.

- 스테이지-게이트 프로세스는 모든 프로젝트의 프로세스를 일정한 목적을 갖는 스테이지로 분해하고, 각 스테이지에서 다음 스테이지로 진행할 때마다 검증을 실시하는 일련의 절차를 말한다.
- 최종 성과물의 개발 과정을 몇 개의 스테이지로 구분하고, 각 스테이지에서 생산되는 중간산출물에 대하여 관문(Gate)을 설정한 후 평가·관리를 실행한다.
- 각 스테이지를 통과할 때마다 다양한 이해관계자 및 전문가의 의견을 바탕으로 계속 진행할 것(Go)인지 중단할 것(NoGo)인지를 합리적으로 판단한다.
- 이를 위해 각 스테이지별로 세부적인 활동을 정의하고, 목표와 산출물을 정의하고, 게이트마다 통과를 위한 판단기준(Criteria)을 설정한다.

3-3 스테이지-게이트 프로세스 운영 절차

- 스마트시티 혁신성장동력 사업단은 성공적인 성과창출을 위하여 사업단 각 단계별 중간·최종평가 및 모니터링에 연계되도록 스테이지-게이트 프로세스를 적용한다.
- 스테이지는 개념도출-기술설계-기술개발-기술검증-실증-최종성과 단계로 구분하되 각 과제별 특성에 맞게 맞춤형 스테이지-게이트를 적용할 수 있도록 하였다.
- 각 기관별 연구내용에 따라 모든 스테이지-게이트 단계별로 모두 수행하거나 압축적으로 수행할 수 있다.

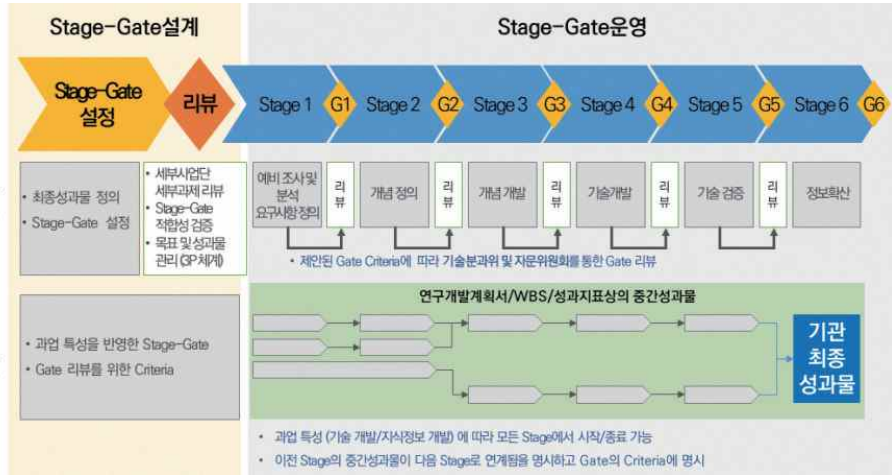
〈표 1-2〉 스테이지-게이트 설정 예시

기본형 (시스템형)	Stage 1	Gate 1	Stage 2	Gate 2	Stage 3	Gate 3	Stage 4	Gate 4	Stage 5	Gate 5	Gate 6
기초·응용 연구형	Stage 1&2		Gate 1	Stage 3	Gate 2	Stage 4					
응용·개발 연구형	Stage 1&2&3				Gate 1	Stage 4	Gate 2	Stage 5	Gate 3	Gate 6	
압축개발형	Stage 1&2		Gate 1	Stage 3&4			Gate 2	Stage 5&6			
개발집중형	Stage 1&2&3&4						Gate 1	Stage 5	Gate 2	Gate 6	
요소기술 개발형	Stage 1&2		Gate 1	Stage 3	Gate 2	Stage 4	Gate 3	Stage 5			

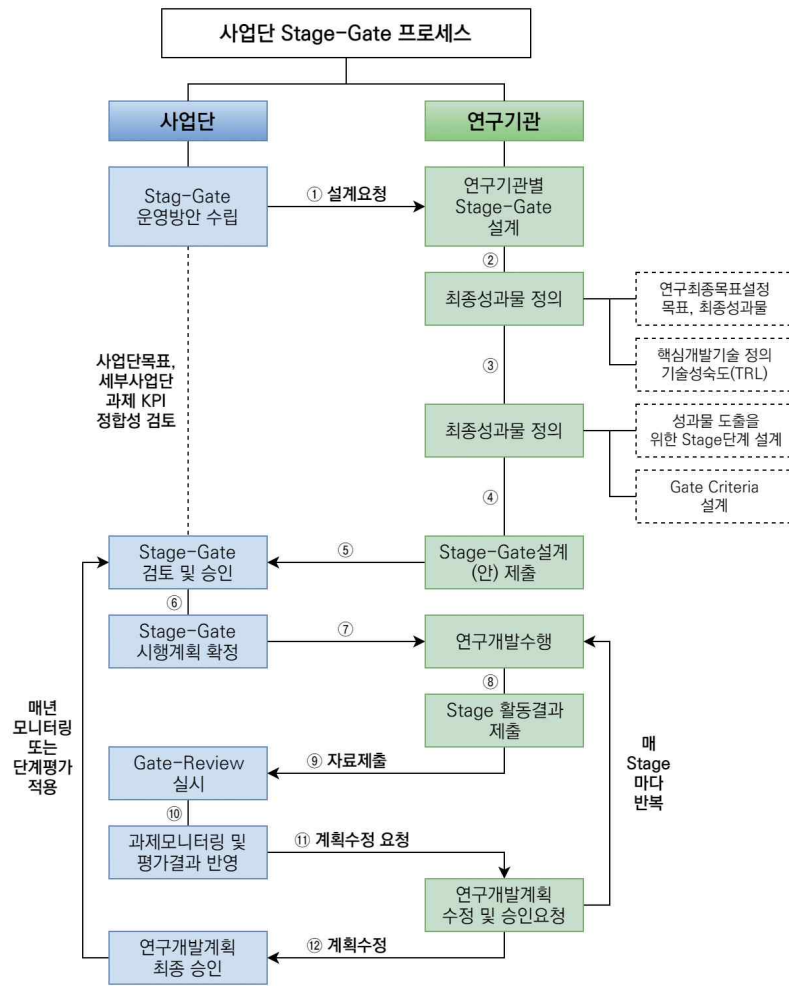
- 게이트 통과는 중간산출물(Deliverables)과 최종성과물(Out put)로 판별하며, 프로세스 상 축적된 결과를 바탕으로 과제평가 및 진도관리를 시행한다.
 - 기관별로 다양한 중간·최종성과물 등을 명확히 제시하고, 연구개발 목표 달성 및 연구개발 성과의 우수성 등을 스테이지 단계별로 검증한다.
- 과제특성에 따라 기관별 연구개발 산출물에 대해서 스테이지-게이트 프로세스를 통한 구체적인 관리를 통해 연구자원 및 예산을 효과적 분배할 수 있도록 한다.
 - 연구개발 성과가 사업화, 타 과제 적용·연계, 기존 기술을 개량하여 적용할 경우 등 과제특성에 따라 적용하여 목표 달성 시 통과(Go)할 수 있도록 한다.
 - 연구개발성과가 과정상 당초 목표에 도달하지 못하였을 경우에는 다양한 해결방안을 강구하여 연구개발의 성공가능성을 제고한다.
 - 관문(Gate)을 통과 못하였을 경우 중단(Stop), 재조정(Recycle), 보류(Hold) 중 택1 할 수 있다.
- 기관별 최종성과물들에 대한 스테이지-게이트 결과는 세부과제·세부사업단 과제 중간평가·모니터링 과정과 향후 연구계획에 반영한다.
 - 게이트 평가 결과는 연구기관-세부과제-세부사업단-사업단의 단계에 따라 순차적으로 적용한다.
 - ①기관별 스테이지-게이트 평가 ②과제별 평가(스테이지-게이트 결과 반영) ③세부사업단 평가(과제별 결과 반영) ④사업단 평가(세부사업단 평가결과 반영)

3-4 스테이지-게이트 처리절차

- 각 연구기관은 과제별 특성을 고려하여 사업단의 성과 목표에 맞추어 스테이지-게이트 프로세스별 개념 및 판단기준을 설정한다.
- 각 연구기관들은 연구수행결과에 따른 최종 성과물들을 명확히 정의하고, 기술성숙도에 대한 판단기준을 제시한다.
- 연구개발계획서를 바탕으로 하되, 점검회의결과 및 연구과제 간 상호연계를 통해 변경된 내용을 반영하여 각 기관별로 수행목표·최종성과물을 재설정할 수 있다.
- 최종성과물 도출을 위하여 연구과제 특성과 기술성숙도 및 기술성숙도에 적합하게 스테이지 단계를 구분하고, 스테이지별 활동과 마일스톤을 제시한다.



〈그림 1-3〉 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트의 Stage-Gate 프로세스



〈그림 1-4〉 스테이지-게이트 프로세스 운영절차

- (관문심사 판단조건 제시) 연구기관은 각 스테이지 종료시점에서 스테이지 활동 및 산출물 통과를 위한 판단기준 및 대상을 제시한다.
- 각 스테이지 종료 시 중간성과물에 대해 다음 스테이지로 진행여부 판단을 위한 이해관계자·전문가와 함께 관문심사를 실시한다.
- 게이트 별로 정해진 판단조건에 근거하여 해당 스테이지 활동 종료 이전에 스테이지에서 수행된 산출물(Deliverables) 등에 대한 관문심사를 실시한다.
- 관문심사에서는 연구기관이 추천한 전문가, 사업단의 자문위원 및 전문가와 이해당사자를 중심으로 각 주제별 핵심적인 사항을 검토한다.
- 관문심사 통과를 위한 판단기준(Criteria)에 대한 검토결과에 따라 게이트 통과여부에 대해서는 4가지 선택방안을 적용한다.
- 통과(Go) : Stage 활동에 전혀 무리가 없고 다음 Stage 진행을 권고
- 중단(Stop) : Stage 활동에 더이상의 진전이 없어 예산지원 중단
- 보류(Hold) : Gate 통과가 가능할 수 있으나, 성과의 적절성, 예산타당성 및 타과제와의 형평성 등을 고려하여 다음 시행시기를 보류
- 재조정(Recycle) : 추가적인 요구사항 및 조건을 충족시킬 때까지 조건부로 승인한 상태로 목표달성을 유도
- 사업단의 스테이지-게이트 프로세스 운영방안에 따라 해당 연구기관들은 기존의 연구개발계획서 및 회의결과 등에 따라 스테이지-게이트를 설계한다.

4 | 스테이지-게이트 기반 사업관리 체계 운영

4-1 1차년도 중간모니터링

- 혁신성장동력 프로젝트 사업이 시작된 1차년도에는 사업관리 운영 모델이 수립되기 전이므로 국토교통연구개발사업 관리지침에 따라 중간모니터링을 실시하였다.
- 1차년도(2018) 중간모니터링 결과 각 세부과제에 대한 계속지원으로 평가가 이루어졌으나 차년도(2019) 사업의 효율적 추진을 위해 과제별 성과목표 및 세부내용 검토를 통해 향후 연구방향 재정립의 필요성이 부각되었다.
- 대규모 사업단과제 특성상 컨소시엄 형태로 진행되어 기관별 최종성과물이 모호하

- 고, 역할과 체계가 불확실하여 최종성과물의 재정의가 필요하였다.
- 최종성과물의 목적, 달성목표, 산출과정을 논리적으로 제시하고 목표달성을 위한 핵심적인 기술적 성능과 특성을 구분할 필요가 있었다.
 - 대구, 시흥 등 실증도시에 시스템구축과 서비스 요구수준 만족, 사업단의 전략적부합성을 바탕으로 한 연구개발 활동에 중점을 두어 추진해야 한다.
- 융·복합 성격의 사업단과제의 특성상, 기관별 미션설정, 최종목표의 성공적인 달성을 위해 스테이지-게이트와 같은 체계적인 관리 프레임워크의 필요성이 제시되었다.
- 이에 따라 세부과제별 연구성과 조기달성을 위한 세부 연구내용 조정 및 변경, 연구수행체계 및 일정 등에 대한 수정방안을 협의하는 집중점검회의를 시행하고 스테이지-게이트 프로세스 적용을 위한 운영방안을 수립 시행하였다.

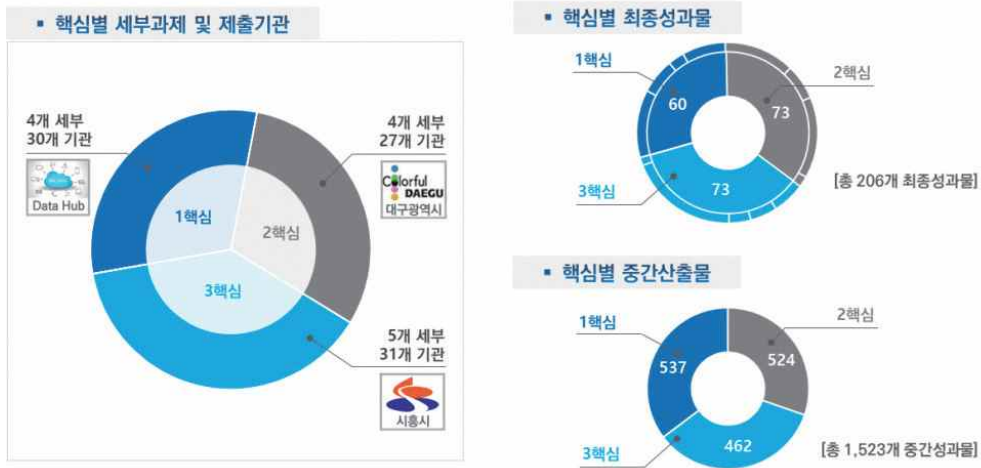
4-2 2차년도 관문심사 및 단계평가

- 각 연구기관별로 스테이지-게이트를 설계하고, 아래와 같이 검토 과정을 거쳐 확정하였다.
- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트는 사업 성과관리를 위해 스테이지-게이트 프로세스를 도입하고 스테이지-게이트 프로세스 운영방안¹⁾을 수립하여 연구기관에 배포하였으며, 해당 프로젝트에 참여 중인 총 88개의 연구기관이 스테이지-게이트 프로세스를 1차 설계하였다.
 - 자문위원 검토 워크숍을 통해 스테이지-게이트 설계(안)의 목표 부합성, Stage와 성과물, 판단기준 설정의 적절성 등을 검토하였고, 이를 반영 및 보완하여 2차 스테이지-게이트 프로세스를 설계하였다.
 - 또한 사업단의 적정성 검토 내역과 관문심사 시행계획²⁾에 따라 3차 스테이지-게이트 프로세스를 설계 및 확정하였다.

1) 스마트시티 혁신성장동력 사업단, 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 스테이지-게이트 프로세스 운영방안(안), 2019.

2) 스마트시티 혁신성장동력 사업단, 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 2019년 관문심사(스테이지-게이트 Review) 시행계획(안), 2019.

- 각 세부사업단은 총 206개 최종성과물과 1,523개 중간산출물을 제시하였다.
- 시스템 복잡도가 높은 데이터허브 관련 과제(1-1, 2-3, 3-4세부)와 스마트 모빌리티 과제(2-1세부)의 최종성과물 및 중간산출물이 가장 많이 산출되는 것으로 나타났다.



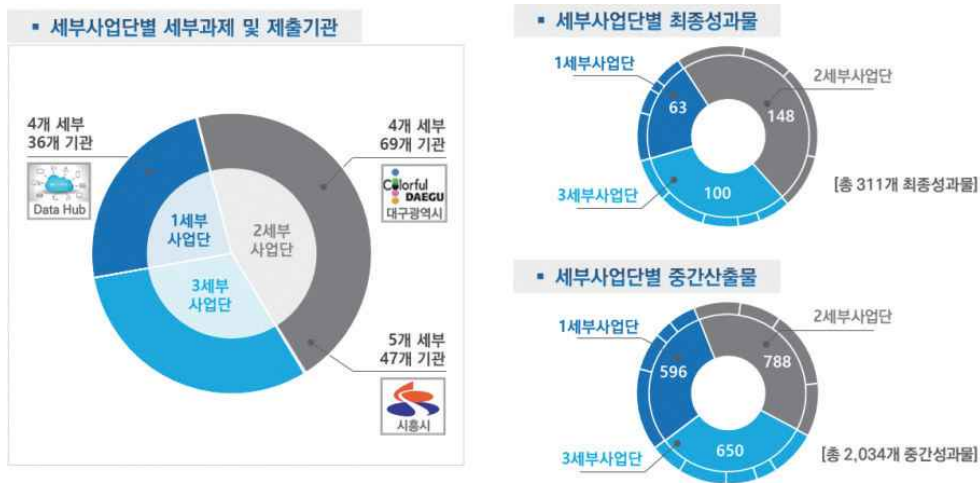
〈그림 1-5〉 스테이지-게이트 현황 (2차년도)

- 모든 세부사업단의 중간산출물 유형이 보고서, 설계서, 하드웨어 및 소프트웨어, 가이드, 표준규격 순으로 많은 것으로 나타났으며, 중간산출물 유형도 유사한 분포를 보였다.
- 공통 기술을 개발하여 2, 3세부사업단의 연구 결과에 반영되어야 하는 1세부사업단에서 가이드, 표준/규격, 설계서가 가장 많이 산출되는 것으로 나타났다.
- 연구 주제가 유사한 기관들을 모아 관문심사 그룹을 구성하고 해당 그룹의 성과 검토를 위한 전문가를 관문심사위원으로 확정하였으며, 연구기관이 해당 스테이지-게이트에서 발생하는 모든 산출물을 제출토록 하였다.
- 프로젝트의 평가는 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정, 국토교통 연구개발사업 관리지침, 혁신성장동력 프로젝트 운영관리규정, 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 2019년 관문심사 (스테이지-게이트 Review) 시행계획 등에 근거하여 진행되었으며, 프로젝트의 수행 체계에 따라 관문심사, 세부과제별 자체평가, 세부사업단별 평가, 사업단 평가가 시행되었다.
- 관문심사 결과, 6개 세부과제에 대한 중간산출물에 대하여 재심사를 시행하였다. 단계평가 결과, 13개 세부과제 중 1개 과제는 실패로 판정되어 과제 추진계획을 재

수정하였으며, 성과가 미흡한 3개 과제에 대해서는 연구내용 수정 및 보완을 추진하였다. 2차년도 관문심사를 기반으로 스테이지-게이트 최종심의 결과에 따라 보완 제출된 성과물의 적절성 검토를 수행하였다.

4-3 3차년도 관문심사 및 연차평가

- 2차년도 관문심사 및 단계평가의 결과를 바탕으로 3차년도 스테이지-게이트를 보완하고, 검토 과정을 거쳐 관문심사를 실시하였다.
- 각 세부사업단은 수정·보완된 스테이지-게이트 프로세스를 통해 총 311개 최종성과물과 2,034개 중간산출물을 제시하였다.
- 2차년도 관문심사의 절차와 동일하게, 연구 주제가 유사한 기관들을 모아 관문심사 그룹을 구성하고 해당 그룹의 성과 검토를 위한 전문가를 관문심사위원으로 확정하였으며, 연구기관이 해당 스테이지-게이트에서 발생하는 모든 산출물을 제출토록 하였다.

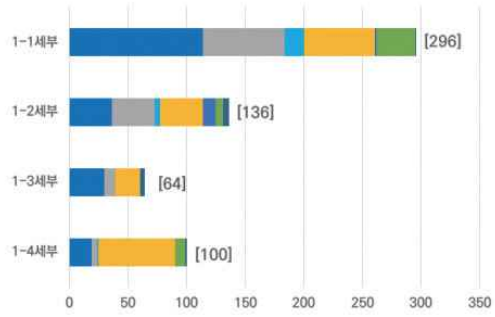


〈그림 1-6〉 스테이지-게이트 현황 (3차년도)

중간산출물 유형 분포

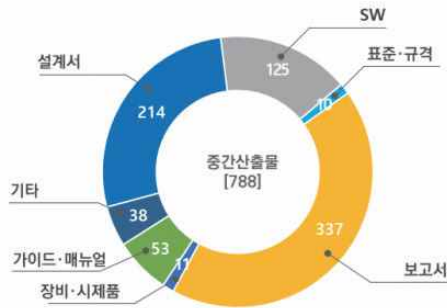


중간 산출물 상세

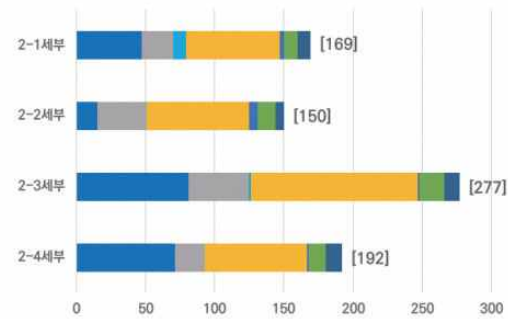


〈그림 1-7〉 1세부 사업단 스테이지-게이트 설계 현황 (3차년도)

중간산출물 유형 분포

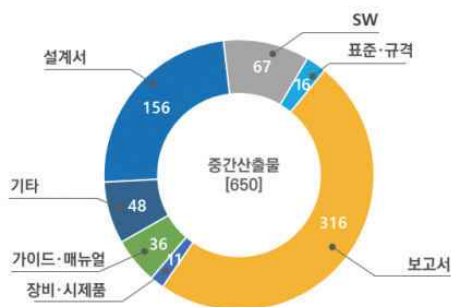


중간 산출물 상세

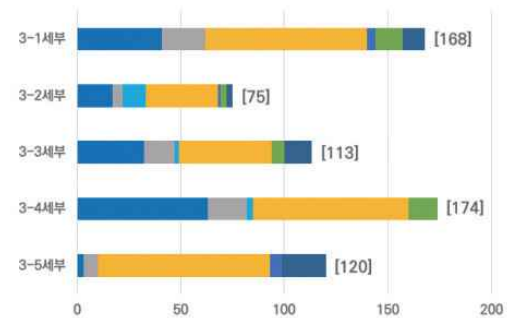


〈그림 1-8〉 2세부 사업단 스테이지-게이트 설계 현황 (3차년도)

중간산출물 유형 분포



중간 산출물 상세



〈그림 1-9〉 3세부 사업단 스테이지-게이트 설계 현황 (3차년도)

- 혁신성장동력 프로젝트의 평가는 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정, 국토교통 연구개발사업 관리지침, 혁신성장동력 프로젝트 운영관리규정, 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 관문심사 (스테이지-게이트 Review) 시행계획 등에 근거하여 진행되었고, 중간모니터링을 통해 사전 실시된 관문심사의 결과를 확정하였으며, 중간모니터링 결과 연차평가 대상인 경우 연차평가를 실시하였다.
- 관문심사 결과, 3차년도(20년) 4분기 심사대상인 134개 기관의 300 Gate(1세부사업단 56개, 2세부사업단 148개, 3세부사업단 96개) 중 총 26개 Gate에서 재심사 판정을 받았으며 (재심사율 8.7%), 이에 대한 성과 보완을 진행하도록 하였다.
- 또한 중간모니터링 평가 결과, 13개 세부과제 중 성과가 저조한 2개 세부과제에 대해서는 연차평가 실시 후 연구내용을 보완하도록 하였다.
- 관문심사를 수행한 134개 기관들은 심사 결과 및 관문심사위원의 자문 의견을 반영하여 연구결과를 보완하고, 일부 과제의 경우 연구 추진 방향 및 수행 방법을 수정하였다.

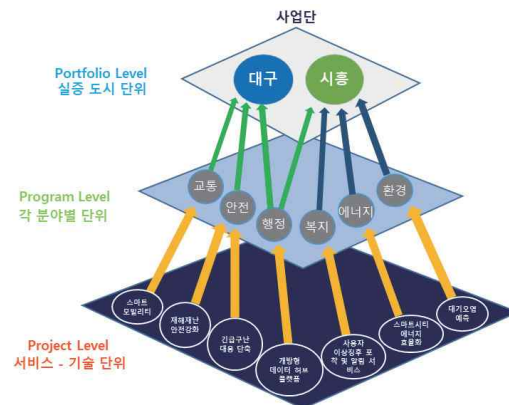
1 | 핵심성과지표 관리모델 개발

1-1 3P(Project, Program, Portfolio) 기반 사업관리 모델

- 스마트시티에서 체계적인 인덱스(지표) 및 평가체계를 구성하기 위해서는 평가 대상 및 목적에 따라 레벨별 각기 다른 지표를 활용할 수 있도록 하여 스마트시티 프로젝트 운영관리의 용이성을 높여야 한다.
- 스마트시티 프로젝트에서 체계적인 지표 선정 및 평가체계를 구성하기 위해, 평가 대상 및 목적에 따라 레벨별로 나누어 각기 다른 지표를 활용할 수 있도록 한다.

1.1 3P레벨 기반 국가 혁신성장동력 프로젝트 사업관리 모델

- 본 사업에서 3P 레벨은 프로젝트(서비스 단위), 프로그램(분야 단위), 포트폴리오(각 핵심과제 단위 이상)로 구분될 수 있다.



〈그림 2-1〉 혁신성장동력 프로젝트 3P 레벨

- 세부 연구기관에서 개발하는 서비스, 기술들이 연구 개발됨에 따라 실증도시에 점진적 효과를 측정하기 위해 5단계의 핵심성과지표(KPI) 레벨을 정의하였다.
- 하향식(Top-Down) : 사업단이 City Value 관점에서 연구개발 과정을 평가
- 상향식(Bottom-Up) : 연구자가 연구, 개발하는 프로젝트의 결과물을 평가

1 핵심성과지표 산출체계로서의 Hourglass Model 설계

- 성과지표에 대한 선행연구 분석과 R&D 프로젝트 관리 사례를 바탕으로 핵심성과지표 산출체계로서 Hourglass Model을 설계하였다.
- Hourglass Model은 연구개발 과정을 평가하는 사업단의 하향식(Top-Down) 관점과 연구개발 프로젝트의 결과물을 평가하는 연구자의 상향식(Bottom-Up) 관점을 포괄하는 모형이다.
- 도시 단위에서 도출될 수 있는 하향식 관점의 지표와 각 기관에서 스테이지-게이트 상에 명시한 'Must, Should'를 반영한 상향식 관점의 지표를 모두 고려하였다. 이를 통해 3P(Project-Program-Portfolio) 레벨의 KPI 성과체계를 고려하여 Hourglass Model을 구성하였다.

성과측정 레벨	KPI 성격	정의
Portfolio	Effect 지표	실증 도시 레벨의 연차별 점진적인 효과를 측정 할 수 있는 Top-Down 관점의 Effect 지표
Program	서비스 효과지표	도시 레벨의 점진적 효과를 보기 위해 선행적으로 측정되어야 하는 과제 실증 범위 내에서의 효과성을 측정하는 지표
Program	System 효과지표 (Top-Down Must)	Tools 지표를 통해 각 핵심별로 만드는 서비스의 효과성을 측정하기 위한 지표
Program	Tools 지표 (Top-Down Should)	연구기관들의 과제를 수행함에 있어 핵심적인 도구(모듈, 알고리즘 등)와 같은 기술적인 측면의 지표
수행과제	수행과제 KPI	기관 별 Stage-Gate설계 중 Gate의 Must 내용을 기반으로 작성된 세부과제에 대한 성과측정 지표

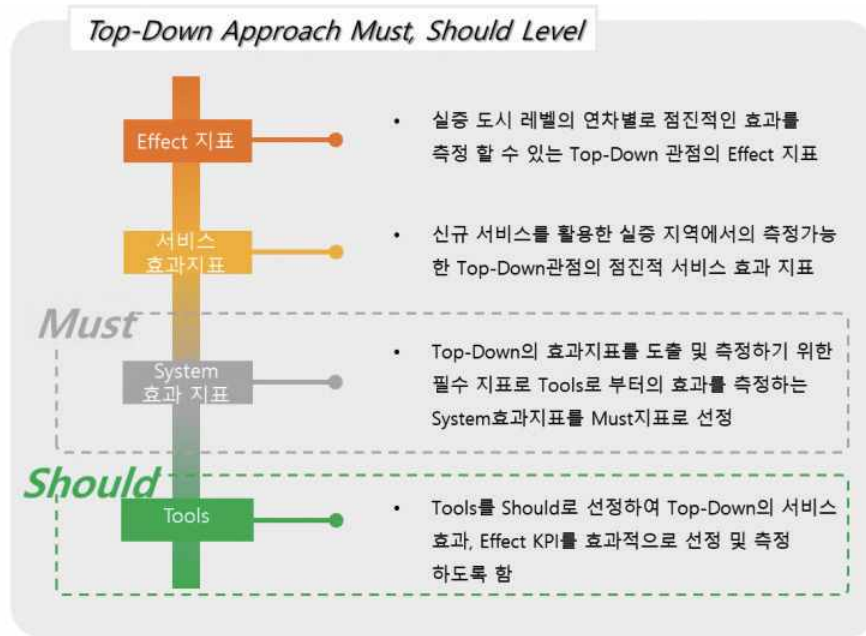
〈그림 2-4〉 Hourglass Model 레벨별 성과측정 구분 및 정의

- Hourglass Model은 상향식 관점의 '수행과제 KPI, Tools 지표, Systems 효과지표', 그리고 하향식 관점의 '서비스 효과지표, Effect 지표'로 총 5개 Layer로 구성되었다.
- 수행과제 KPI는 기관별 Stage-Gate의 Must와 Should 내용을 반영하여 정의하였다.
- Tools 지표는 연구기관의 과제 수행에서 연구개발 되는 핵심적인 도구(모듈, 알고리즘) 등의 기술적인 측면을 평가하는 지표로 정의하였다.
- Systems 효과지표는 Tools로부터 도출되는 각 핵심별 효과를 측정하는 지표로 정의하였다.
- 서비스 효과지표는 서비스 실증범위에서 효과성을 측정하는 지표로 정의하였다.
- Effect 지표는 실증 도시 단위에 서비스를 적용함으로써 도시 경제, 사회, 환경적으로 개선되는 효과를 측정하는 지표로 정의하였다.

1 Top-Down Approach Must, Should 레벨

- 스테이지-게이트 관리모델 상의 Must, Should를 차용하여 각 핵심별 연구진이 반드시 달성 및 관리해야 하는 지표를 하향식(Top-Down) 관점에서 재정의하였다.
- Hourglass Model의 Tools 지표를 'Top-Down Should'로 선정하여 서비스 효과, Effect KPI를 실현성의 측면에서 선정 및 측정하도록 하였다.
- 'Tools 지표'는 연구진이 연구, 개발하는 핵심적인 도구(기술, 모듈, 알고리즘 등)를 평가하는 기술 평가 지표이다.
- Tools 지표를 Top-Down Should로 선정하여 연구진이 자발적으로 기술적 목표치를 선정하고 이를 달성하기 위해 프로젝트를 운영 및 관리하도록 유도할 수 있다.
- Hourglass Model의 System 효과지표를 'Top-Down Must'로 선정하여 기술적 요소에서 발생하는 효과를 필수적으로 측정하도록 하였다.
- 'System 효과지표'는 Hourglass 상 Top-Down과 Bottom-Up이 접하는 지점이며, Tools와 이어지는 지표로 Tools에서 제시된 지표와 인과관계가 있어야 한다.
- System 효과지표를 Top-Down Must로 선정하여 연구진이 각자의 기술적 성취만을 목표로 하는 것이 아닌, 타 연구진의 결과물과 융합하여 개발되는 서비스가 사용

자에게 제공할 효과를 고려하도록 하였다.



〈그림 2-5〉 하향식 접근 방식의 Must, Should 지표 레벨

Hourglass의 레벨 구분

수행과제 KPI

- 수행과제 KPI는 기관별 스테이지-게이트 설계 중 Gate의 Must/Should를 기반으로 작성되는 지표이다.
- 스테이지-게이트의 Must/Should 항목은 최종 성과물 도출 및 세부과제 달성에 대해 판단할 수 있는 기준이다.
- 관련 내용을 반영하여 완성도, 구축률 등으로 정량화되는 지표를 도출함으로써 국가 사업과제 진척상의 내 각 과제의 달성 정도를 평가할 수 있다.

Tools 지표

- Tools 지표는 각 과제에서 연구, 개발하는 핵심적인 도구의 기술적인 측면을 평가하여 Top-Down 관점의 서비스 효과지표와 Effect 지표를 효과적으로 선정 및 측정하는 지표이다
- 모듈, 알고리즘 등 각 과제에서 연구, 개발하는 핵심적인 도구를 평가하는 지표로서

연구진이 연구개발 과제가 달성해야 하는 기술적 목표치를 제시한다.

- 각 과제에서 개발하는 시스템의 효과를 확인하는 지표로서 **System** 효과지표 측정의 **Input** 지표가 된다.

● System 효과지표

- System 효과지표는 Tools 지표를 통해 각 핵심별로 만드는 서비스의 효과성을 측정하기 위한 지표이다.
- Tools 지표와 이어지며 해당 지표를 **Input**으로 받아 서비스의 효과성을 측정한다.
- **Top-Down** 관점과 **Bottom-Up** 관점이 합일하는 지점으로 **Top-Down**에서 제시하는 가치가 사용자에게 미치는 효과성과 **Bottom-Up**으로 도출한 결과물이 서비스 개발에 지니는 의미를 확인할 수 있다.

● 서비스 효과지표

- 서비스 효과지표는 서비스 적용 예정인 실증범위 내에서 확인되는 효과를 측정하기 위한 지표이다.
- 신규 서비스를 적용할 실증 지역에서의 측정 가능한 지표로서 점진적인 효과성을 측정한다.
- 도시 레벨의 효과를 확인하기 위해 선행적으로 측정되어야 하는 지표이다.

● Effect 지표

- 실증도시 레벨의 연차별 점진적인 효과를 측정하기 위한 지표이다.
- 신규 서비스를 적용할 도시 단위에서 측정하는 지표로, 해당 서비스를 통해 기대하는 도시의 경제, 사회, 환경 등 거시적인 영역에서의 개선 사항을 연차별 점진적 효과를 측정한다.
- **City Value** 구현 관점에서 사업의 최종 목표 달성 정도를 측정할 수 있다.

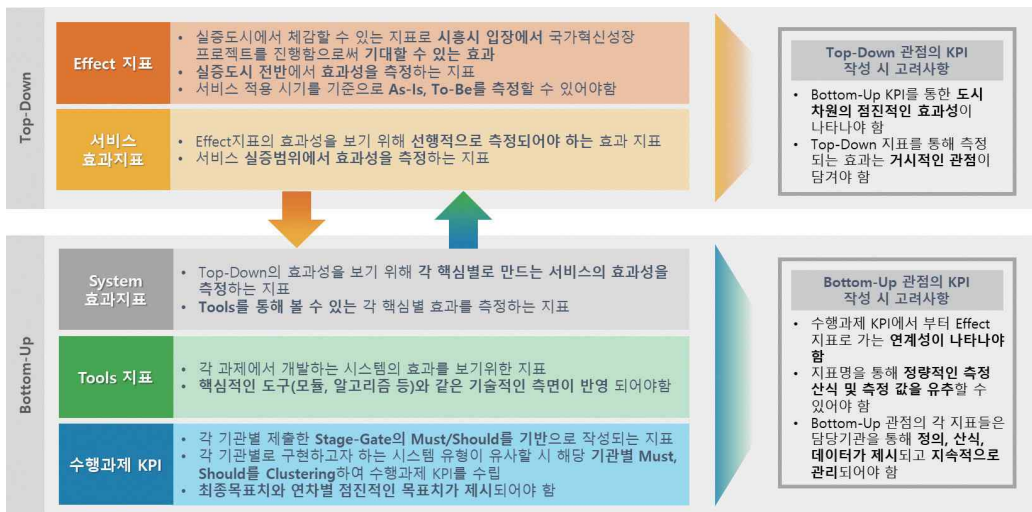
Hourglass Model 기반 KPI 도출 가이드

- 모든 레벨의 지표는 지표명을 통해 정량적인 측정 산식, 측정값의 유추가 가능해야

한다. 프로젝트 완료 이후 성과물이 이관되어도 지속적으로 관리될 수 있도록 모든 레벨의 지표는 정의, 산식, 데이터의 출처가 명확히 제시되어야 한다.

● 하향식(Top-Down) 관점의 KPI 작성 시 고려사항

- ‘투입(Input)–과정(Activity/Process)–산출(Output)–결과(Outcome)’에서 산출, 결과의 성격을 가지는 지표로서 국가혁신성장 프로젝트를 통해 실증도시(Effect지표) 및 Testbed(서비스 효과지표)에 어떠한 가치를 제공하는지 고려해야 한다.
- Bottom-Up KPI들을 통한 도시차원의 점진적(Stage별)인 효과성이 나타나야 한다.
- Top-Down 지표를 통해 측정되는 효과는 기술적 목표치가 아닌 거시적인 관점에서 도출되어야 한다
- Top-Down 관점의 KPI들은 후행 지표로서 실증도시, 프로젝트 실증범위에서의 효과성이 As-Is, To-Be가 비교 가능하도록 도출되어야 한다.



〈그림 2-6〉 Hourglass Model 레벨별 KPI 도출 가이드

● 상향식(Bottom-Up) 관점의 KPI 작성 시 고려사항

- ‘투입(Input)–과정(Activity/Process)–산출(Output)–결과(Outcome)’에서 투입, 과정의 성격을 가지는 지표로서 국가혁신성장 프로젝트를 통해 어떠한 기술적 발전 및 진보를 이루었는지(Tools) 그리고 이를 통해 개발되는 서비스는 어떠한 의미를 가지는지(System 효과지표) 고려해야 한다.

- 상위 레벨로 올라갈수록 기술적 측면에서 사회적 측면으로 연계성을 고려해야 한다.

2 | 핵심성과지표 도출

2-1 서비스 수준 평가체계 개발

● 서비스 수준 평가를 위한 모델 개발

- 서비스 수준 평가를 위한 모델을 개발하기 위한 절차로 3가지 단계를 거쳤다. 문헌 조사, Hourglass Model 도출, Hourglass Model 기반 지표 도출 가이드를 개발하고, 전략적 성과관리 기법인 BSC 모델을 기반으로 Top-Down, Bottom-Up 관점의 핵심성과지표 평가체계를 설계하였다.
- 3P 레벨 기반의 KPI 성과체계 구조를 고려한 서비스 수준 평가체계인 Hourglass Model을 개발하고, KPI 위원회를 운영하기 위한 Hourglass Model 기반 핵심성과지표 도출 가이드 작성하였다.

● 서비스 수준 평가를 위한 지표 산출

- KPI 위원회의 KPI 스크럼회의 2회, KPI 스프린트 회의 3회 진행을 통한 지표 도출, 피드백, 합의 과정을 진행하였다. 이러한 작업을 통해 8개 세부과제에서 총 305개의 지표가 도출되었다.

● 서비스 수준 평가를 위한 지표 검증

- KPI 위원회를 통해 합의된 지표들에 대해 SMART 기법을 통한 전문가 검증을 실시하였다.

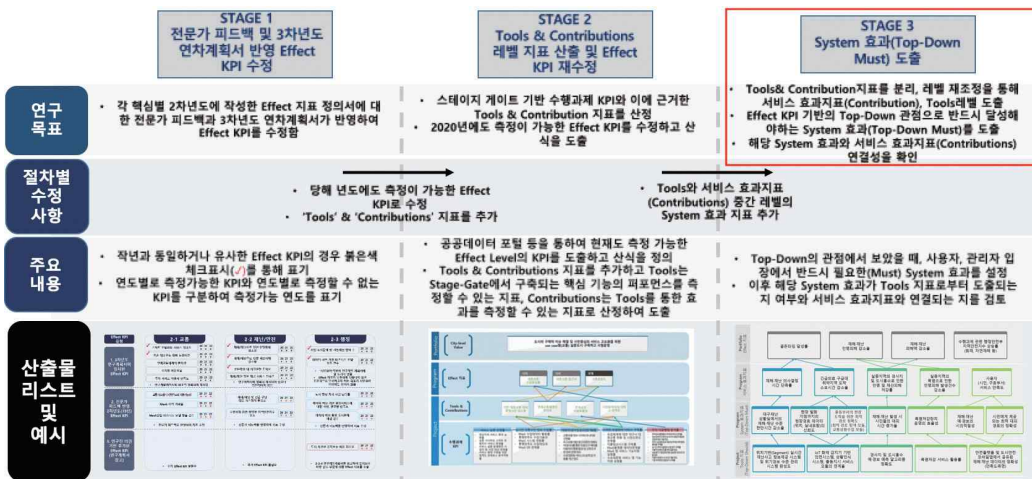


〈그림 2-7〉 지표 수립 모델 개발 및 각 핵심 서비스별 지표 수립 절차

2-2 Hourglass Model 기반 KPI 도출

1 Top-Down KPI(Effect 지표, 서비스 효과지표) 도출 과정

- Effect, Tools & Contribution KPI 산출 후 이를 기반으로 Top-Down Must 지표를 도출하였다.



〈그림 2-8〉 하향식(Top-Down) KPI(Effect 지표, 서비스 효과지표) 도출

연차계획서 및 전문가 피드백을 반영한 Effect KPI 도출

- 각 세부사업단별 2차년도에 작성한 Effect 지표 정의서에 대한 전문가 피드백과 3

차년도 연차계획서가 반영하여 Effect KPI를 수정하였다.

- 연도별로 측정 가능한 KPI와 연도별로 측정할 수 없는 KPI를 구분하여 측정가능 연도를 표기 하였다.

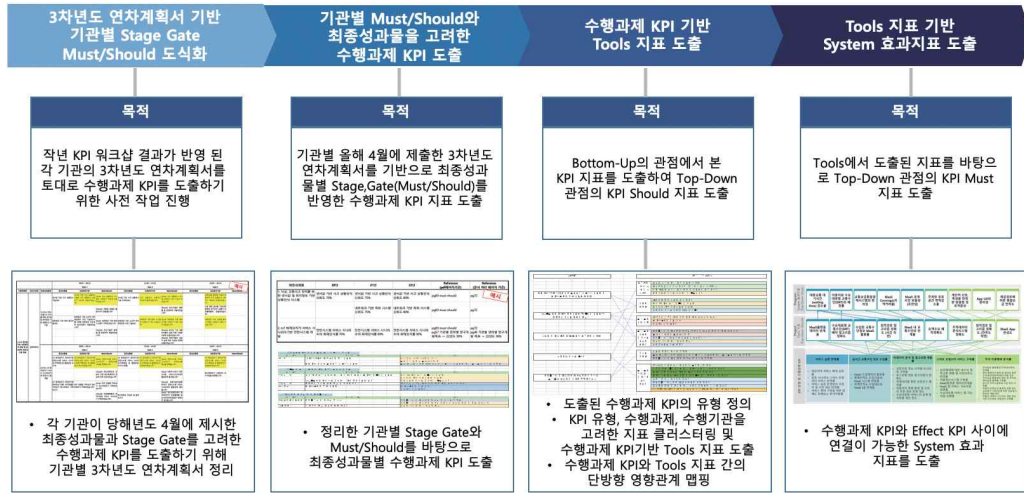
● Tools & Contributions 레벨 지표 산출 및 Effect 지표 재수정

- 스테이지 게이트 기반 수행과제 KPI와 이에 근거한 Tools & Contribution 지표를 산정하였다.
- 측정이 가능한 Effect KPI를 수정하고 산식을 도출하고, 공공데이터 포털 등을 통하여 현재도 측정가능한 Effect Level의 KPI를 도출하고 산식을 정의하였다.
- Tools & Contributions 지표를 추가하고 Tools는 Stage-Gate에서 구축되는 핵심 기능의 퍼포먼스를 측정할 수 있는 지표, Contributions는 Tools를 통한 효과를 측정할 수 있는 지표로 산정하여 도출하였다.

● System 효과지표 레벨 정의 및 KPI 도출

- Tools& Contribution 지표를 분리, 레벨 재조정을 통해 서비스 효과지표 (Contribution), Tools 레벨을 도출하고 Effect KPI 기반의 Top-Down 관점으로 반드시 달성해야 하는 System 효과(Top-Down Must)를 도출하였다.
- 해당 System 효과와 서비스 효과지표(Contributions) 연결성을 확인하고 Top-Down의 관점에서 보았을 때, 사용자, 관리자 입장에서 반드시 필요한(Must) System 효과를 설정 하였다.
- 이후 해당 System 효과가 Tools 지표로부터 도출되는지 여부와 서비스 효과지표와 연결되는지 검토하였다.

1 상향식 KPI(System 효과지표, Tools지표), 수행과제 KPI 도출 과정



〈그림 2-9〉 상향식(Bottom-Up) KPI(System 효과지표, Tools지표), 수행과제 KPI 도출

연차계획서 기반 연구기관별 스테이지-게이트 Must/Should 도식화

– KPI 워크숍 결과가 반영된 각 기관의 연차계획서를 토대로 수행과제 KPI를 도출하기 위한 사전 작업을 진행하였다.

기관별 Must/Should와 최종 성과물을 고려한 수행과제 KPI 도출

– 기관별로 제출된 3차년도 연차계획서를 기반으로 최종성과물별 스테이지-게이트(Must/Should)를 반영한 수행과제 KPI 지표를 도출하였다.

수행과제 KPI 기반 Tools지표 도출

- 사업 관리 관점에서 바라본 Bottom-Up의 KPI 지표를 도출하여 Top-Down 관점의 KPI Should 지표를 도출하였다.
- 도출된 수행과제 KPI의 유형 정의, KPI 유형, 수행과제, 수행기관을 고려한 지표 클러스터링 및 수행과제 KPI 기반 Tools 지표를 도출하였다
- 수행과제 KPI와 Tools 지표 간의 단방향 영향관계를 매핑하였다.

Tools 지표 기반 System 효과지표 도출

– Tools에서 도출된 지표를 바탕으로 Top-Down 관점의 KPI Must 지표를 도출하고, 수행과제 KPI와 Effect KPI 사이에 연결이 가능한 System 효과지표를 도출하였다.

2-3 KPI 도출을 위한 성과지표 도출

KPI 스크럼위원회

KPI 스크럼위원회의 역할

- 사업단이 제시하는 핵심성과지표 모델(Hourglass Model)에 대한 이해와 합의를 진행하고 각 세부 과제별 핵심성과지표 도출을 위한 협의를 추진하였다.
- 핵심성과지표를 검증하는 동시에 핵심별 연차 성과평가를 준비하며 일정과 방향을 조정하는 임무를 수행하였다.
- 각 세부과제 별 제시한 Top-Down 방식의 Must지표와 세부 과제별 수행과제 KPI에 대한 검토 (지표정의서 작성을 통한 기초데이터 수집 여부 및 산식 검토) 및 당해 연도의 실증 계획 및 범위 검토를 통해 KPI를 조정하였다.
- 사업단, 외부 위원과 함께 합의된 핵심별 지표를 리뷰(지표정의서)하고 수정이 요구되는 연차별 스테이지-게이트(Must/Should)에 대해 논의하였다.

KPI 스크럼위원회 추진 절차

- 세부 핵심 담당기관과의 유기적인 협력을 위한 KPI 스크럼위원회 수립 및 운영하여 Hourglass Model 기반 Bottom-Up 레벨의 지표 도출 및 검증을 수행하였다.
- 'KPI 스크럼, 스프린트 회의'를 통한 Top-Down KPI 51개, Bottom-Up KPI 87개, 수행과제 KPI 167개를 도출하였다.
 - 2세부 사업단 참여 기업을 중심으로 총 12회의 KPI 스크럼 회의와 2·3 세부사업단 참여 기업 및 KPI 전문가로 구성된 총 3회의 KPI 스프린트 회의를 통해 지표를 도출
 - Top-Down KPI 레벨에 해당하는 Effect 지표 22개와 서비스 효과지표 29개, 총 51개의 지표를 도출
 - Bottom-Up KPI 레벨에 해당하는 시스템 효과지표 40개와 Tools 지표 47개, 총 87개의 지표를 도출
 - Stage-Gate 기반으로 작성된 수행과제 KPI 레벨에서는 총 167개의 지표를 도출



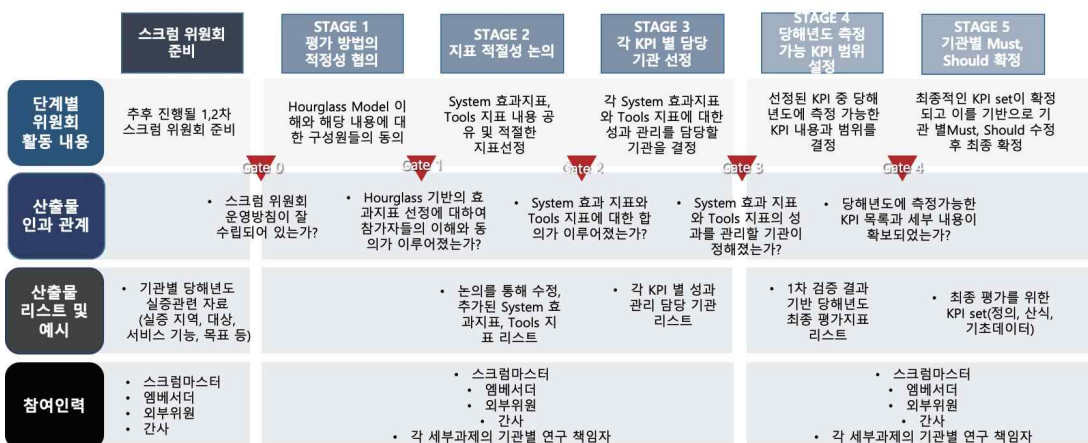
〈그림 2-10〉 KPI 스크럼위원회 추진 절차

1 KPI 위원회 세부 구성체계

- KPI 위원회 전체를 이끌어 위원회의 방향성을 제시하는 스크럼 Master 1인, 세부 핵심별의 성과지표 도출과 결과물 관리의 역할로서 엠베서더 12인, 도출된 성과지표에 대한 타당성 평가와 자문을 위한 외부위원(전문가) 10인, KPI 위원회의 전체 일정 조율과 중간 소통을 위한 간사 2인을 포함하여 25명으로 구성하였다.

1 KPI 스크럼위원회 단계별 위원회 활동 내용

- 세부과제의 연구수행 목표에 대한 방향성 확립 및 평가기준의 타당 검토를 위한 KPI 스크럼위원회는 사업단의 관리모델인 Stage-Gate 모델을 차용하여 위원회의 단계별 활동 내용을 정의하고 운영하였다.



〈그림 2-11〉 KPI 스크럼위원회 스테이지-게이트 : KPI 워크숍 스테이지-게이트별 산출물

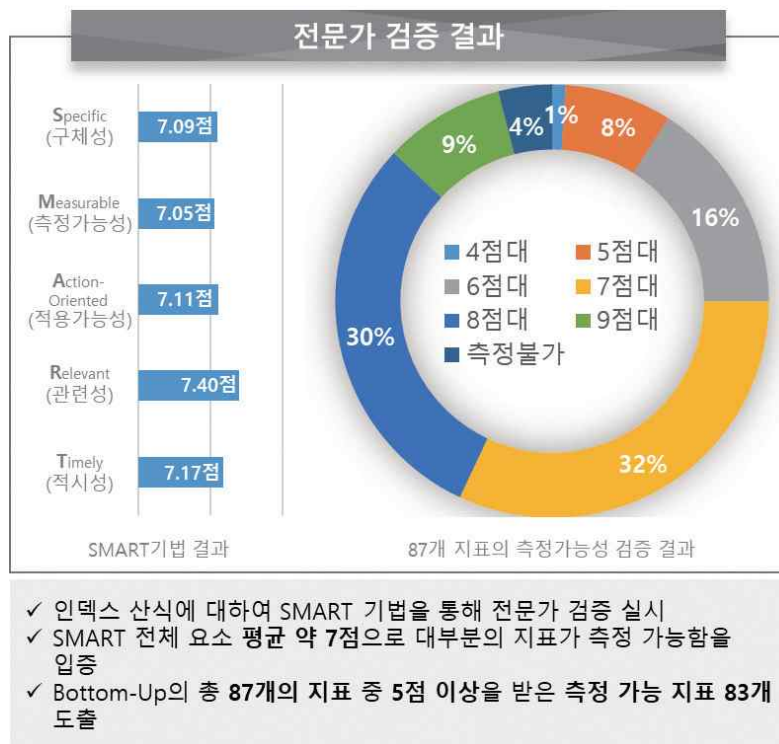
2-4 전문가 검증(SMART 설문 결과)

1 서비스 수준 평가체계 전문가 검증

- 19명의 전문가가 참여한 1차 KPI 스프린트 회의 진행을 통한 3P 레벨과 Hourglass Model의 검증을 실시하였다.
- 37개의 기관과 51명의 전문가(누적 참여)가 참여한 2차, 3차 스프린트 진행을 통한 KPI 지표 타당성 검증을 실시하였다.
- 최종적으로 SMART 기법을 활용한 설문을 통하여 Bottom-Up 레벨(System효과지표, Tools 지표)의 KPI를 24명의 전문가 검증을 실시하였다.

1 지표 타당성 전문가 검증 결과

- SMART 기법을 통한 평가결과, 구체성, 측정가능성, 적용가능성, 관련성, 적시성 모두 평균 7점 이상으로 대부분의 지표가 유효함을 검증하였고, 87개의 지표 중 83개의 지표는 5점 이상을 획득하여 측정 가능한 것으로 평가되었다.



〈그림 2-12〉 Bottom-Up 레벨의 지표에 대한 SMART 기법 전문가 검증 결과

3 | 5차년도 세부사업단별 대표 KPI 도출

3-1 KPI 스크럼위원회를 통한 대표 KPI 도출 가이드 배포

D 대표 KPI 선정 가이드

- 세부과제별 대표 KPI 2~3개를 선정하여 사업단 세부과제별 담당자에게 제출하고 측정 가능한 데이터 및 산식을 고려하여 선정하였다.(지표정의서 작성)
- 2, 3핵심 서비스 과제의 경우 서비스 만족도(정성지표)를 반드시 포함하여 선정하였으며 대표 KPI에 대한 수정 및 확정시 사업단 또는 담당기관(연세대)와 협의를 통해 정리하였다.

D 대표 KPI 측정 가이드

- 서비스 만족도를 비롯한 대표 KPI에 대한 측정 실시하고, 대표 KPI에 대한 측정이 불가능한 경우, 가상의 데이터를 기반으로 추정치를 제시하도록 했다.

D 대표 KPI 도출·선정을 위한 기준 설정

● 대표 KPI 선정을 위한 연구의 범위

- 실증 기반의 장기 R&D 성격을 감안하여, 단계적으로 성과를 측정할 수 있도록 3P 기반의 평가체계로 운영되었다.
- 대표 KPI 선정을 위해 4차년도는 Hourglass의 Project, Program 레벨의 성과지표들에서 대표 KPI를 선정하여 연구 성과물 관리 및 연구 결과물들의 효과성을 검토하였다.

● 대표 KPI 선정 조건

- Hourglass 모델 기반으로 3차년도 도출된 핵심별 성과지표 중 대표 KPI 선정을 위한 기준 5개를 선정하였다.



1. 측정이 가능해야 함
2. 해당 분야의 성과를 최대한 명시적으로 보여줄 수 있어야 함
3. KPI 달성주체가 동의해야 함
 - 선정된 KPI에 대한 동의
 - KPI 달성치에 대한 동의
4. 3p 모델의 이해관계자 성과를 반영할 수 있어야 함
 - 이해관계자 : 연구단, 연구자, 국토부, 도시(대구, 시흥)
5. 해외 비교가 가능해야 함(교차 실증 등 고려)

〈그림 2-13〉 세부사업단 대표 KPI 선정 조건

3-2 핵심별 대표KPI 도출

1 스크럼위원회 진행 상세

- 2020년부터 각 세부사업단 중심의 KPI 스크럼 회의를 운영
 - 2세부 사업단은 먼저 1차 KPI 도출, 제안하고 각 세부기관별 스크럼 회의 운영을 통해 지표를 수정, 보완하였다. 3세부 사업단은 본 과제에서 제안한 프로세스를 제공받아, 각 세부과제가 주도적인 지표 도출 절차를 진행하였다.
 - 해당 과정을 통해 지표 도출에 대한 세부 가이드라인과 피드백을 지속적으로 공유하였다.
- 2022년 착수보고회를 시작으로 최종 대표KPI 확정을 위한 스크럼위원회 총 4회 진행하였다.
- 최초 취합 및 피드백(2022.02.10.~2022.02.25.), 2차 수정본 취합 및 피드백(2022.03.25.~2022.04.05.), 3차 수정본 취합 및 피드백(2022.05.13.~2022.05.20.), 4차 수정본 취합 및 피드백(2022.07.14.~2022.07.27.)을 거쳐 2022년 8월 핵심별 최종 대표KPI가 확정되었다.
- 최종적으로 1핵심 12개, 2핵심 18개, 3핵심 17개의 대표KPI가 확정되어 전문가 검토를 시행하였다.

〈표 2-1〉 핵심별 대표KPI 검증 진행 내역

핵심	분류	KPI
1-1 [허브]	기술	(KPI #1) 데이터허브 적합성 테스트 통과율
	효과	(KPI #2) 오픈소스의 데이터허브 기능 제공율
	만족도	(KPI #3) 데이터허브 오픈소스 사용자 만족도
1-2	기술	(KPI #1) 표준기반 초대규모 IoT 네트워크 기능 연동성공률
	기술	(KPI #2) 표준기반 초대규모 IoT 서버간 연동 성공률
	기술	(KPI #3) 스마트시티 서비스를 위한 초대규모(Massive) IoT 네트워크 연동 성공률
	기술	(KPI #4) OCF 수집 데이터의 Edge Gateway 전송율
1-3	기술	(KPI #1) 도시모델링의 객체화 정확도
	효과	(KPI #2) 인공지능 기술을 이용한 시뮬레이션 사례
1-4 [PPP]	효과	(KPI #1) 사업관리 모델(Project Management System, PMS) 구축 및 평가 체계 개발 관련 지표
	효과	(KPI #2) 핵심별 대표KPI 적절성
	기술	(KPI #3) 스마트시티 데이터허브 검증체계 구축
2-1 [교통]	효과	(KPI #1) 통행시간 단축률
	만족도	(KPI #2) 스마트 모빌리티 만족도
	만족도	(KPI #3) 이용자 만족도(주차)
	효과	(KPI #4) 주차 소요시간 감소율
2-2 [재난 안전]	효과	(KPI #1) 수재해 (경사지붕괴, 도시침수) 발생 선제적 상황인지와 예·경보를 통한 시민 대피 시간 확보
	효과	(KPI #2) 화재 및 응급환자 발생 시 신고시간 및 구호대(구급차) 도착시간 단축
	만족도	(KPI #3) 서비스 만족도 (3-1) 도시안전 모바일 앱 이용성에 대한 만족도 (1. 모바일앱) (3-2) 화재 및 응급환자 발생시 신고시간 및 구호대(구급차) 도착시간 단축 (2. 폭염) (3-3) 수재해 예·경보 서비스에 대한 만족도 (3. 수재해) (3-4) 긴급구난 지원서비스에 대한 만족도 (4. 긴급구난)

	만족도	(KPI #1) 데이터허브 표출 서비스 만족도
2-3-1, 2, 3 [대구 허브]	기술	(KPI #2) 데이터허브 인프라 이관
	기술	(KPI #3) 데이터허브 구축율
	만족도	(KPI #4) 안전서비스 2.0 서비스 가치 향상 만족도
2-3-4 [5D 시설물]	효과	(KPI #1) 시설물 관리 시스템의 운영 관리 효율성
	만족도	(KPI #2) 5D 시설물 통합관리 시스템 도입 만족도
2-3-5 [클라우드 소싱]	만족도	(KPI #1) 클라우드 포털 시민 만족도
	효과	(KPI #2) 클라우드 시민 참여 증가율
2-4 [대구 리빙 랩]	효과	(KPI #1) 도시문제발굴 달성율
	만족도	(KPI #2) 프로그램 만족도
	효과	(KPI #3) 도시문제 해결지수
3-1 [환경]	효과	(KPI #1) 미세먼지 관측해상도 증가율
	효과	(KPI #2) 미세먼지 정보제공 주기 단축률
	만족도	(KPI #3) 미세먼지 정보제공 서비스 만족도
		(3-1) 지자체 관제 WEB
		(3-2) 시민정보제공APP
(3-3) 테스트베드서비스WEB		
		(3-4) 휴대용측정기리빙랩
3-2 [에너지]	효과	(KPI #1) BEMS 구축 건물 에너지 사용량 저감율
	효과	(KPI #2) FEMS 활용 대표 생산 제품 월별 에너지 비용 원단위 절감율
	효과	(KPI #3) HEMS 기반 에너지 통합검침 데이터 활용성
	만족도	(KPI #4) 스마트시티 에너지 리빙랩(통합검침, BEMS, FEMS) 서비스 만족도
3-3-1 [독거 노인]	만족도	(KPI #1) (착한의사 홈닥터 서비스를 통한) 독거노인의 정서 케어 향상을 위한 만족도 지표
	효과	(KPI #2) 일상생활 속 주기적인 건강 측정·관리를 통한 건강관리 인식변화 효과 지표

3-3-2 [장애인]	만족도	(KPI #1) 장애인 이동 안내 서비스 만족도 증가
	효과	(KPI #2) 장애인 보행 장애물 정보 제공에 따른 조우 확률 감소
3-4 [시흥 허브]	효과	(KPI #1) 데이터 마켓플레이스를 활용한 서비스 실증률
	기술	(KPI #2) 데이터허브 플랫폼/인프라 이관을 위한 진척률(80% 이상 달성)
	효과	(KPI #3) 데이터허브의 데이터 수집 연계율
3-5 [시흥 리빙랩]	효과	(KPI #1) 스마트시티 비즈니스 모델 개발률
	효과	(KPI #2) 리빙랩 운영 활성화 정도
	만족도	(KPI #3) 스마트시티 서비스 만족도 (3-1) 스마트시티 서비스 만족도 (1. 문화예술) (3-2) 스마트시티 서비스 만족도 (2. 생활체육)

1 | 데이터허브 시험검증 추진 방안 연구

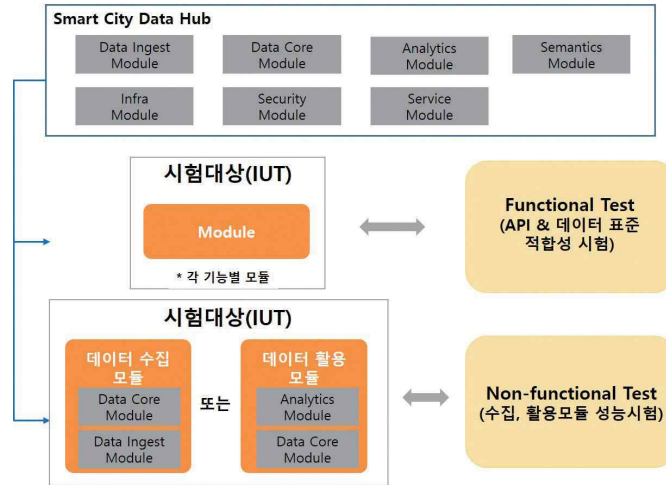
1-1 스마트시티 평가체계 구축의 필요성

- 스마트시티 데이터허브가 실증도시에 성공적으로 정착하기 위해서는 잘 정립된 기술 요구사항에 따라 개발된 데이터허브에 대한 체계화된 검증이 필수적이다. 데이터허브의 경우 IoT플랫폼 및 다양한 스마트시티 관련 플랫폼으로부터 데이터를 수집·관리·활용하기 위해 총 7개의 논리적 모듈로 구성되어 있어 상호운용성 측면에서 모듈 간 또는 외부시스템과 데이터허브 간 인터페이스에 대한 정의가 중요하다. 또한, 외부 시스템으로부터 수집된 다양한 스마트시티 데이터 모델 개발을 통해 향후 데이터허브 기반의 서비스 간의 상호호환성 확보도 가능하다. 이러한 데이터허브 인터페이스와 데이터 모델이 성공적으로 시장에 적용되고 활성화되기 위해서는 제3자의 관점에서 통합적인 검증이 필요하다.

1-2 데이터허브 시험검증 평가체계 구축 방안

1 데이터허브 시험대상 및 범위

- 스마트시티 데이터허브는 모듈이라는 논리적 구조로 구성되며, 각 모듈은 표준 인터페이스를 제공함으로써 데이터허브 내부 모듈 또는 외부 서비스에서 해당 모듈의 기능과 연계된다. 데이터 수집, 데이터 코어, 분석, 시맨틱, 인프라, 보안, 서비스 등 총 7개의 모듈로 구성되며, 각 모듈 간 연동 및 데이터 교환을 위한 표준 인터페이스 및 데이터 모델을 정의한다.



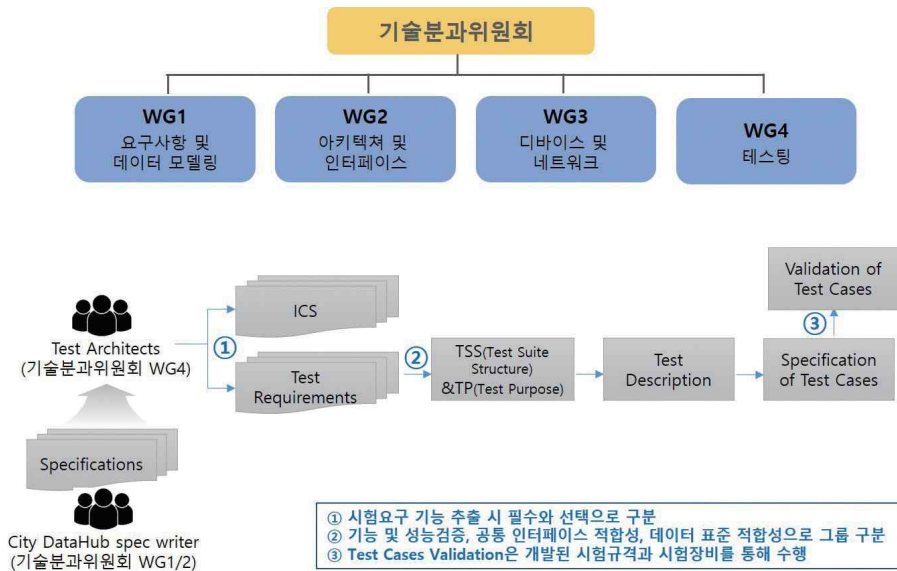
〈그림 3-1〉 스마트시티 데이터허브 시험대상 및 범위

- 위 그림은 스마트시티 데이터허브의 시험대상 및 범위를 설명한다. 시험검증 대상은 스마트시티 데이터허브 내부에 위치한 모듈을 단위로 정의한다. 시험범위는 시험대상에 따라 기능시험과 비기능 시험으로 구분한다. 기능시험의 경우 각 단위 모듈에서 정의하는 표준 인터페이스와 데이터허브에서 수집·관리·공유하는 데이터 모델에 대한 적합성 시험을 포함한다. 또한, 비기능 시험은 데이터허브의 수집 및 활용계층의 기능통합모듈에 대한 성능시험을 포함한다.
- 특히, 기능시험의 경우 데이터허브에서 정의한 총 7개의 논리적 모듈 중 필수적으로 필요한 모듈에 대한 합의가 필요하며 기술규격에서 정의한 필수 및 선택 기능에 따라 시험규격이 개발되어야 한다.

1 데이터허브 시험 규격 개발 절차

- 스마트시티 기술분과위원회는 WG1(데이터허브 요구사항 및 데이터 모델링), WG2(데이터허브 아키텍처 및 인터페이스), WG3(스마트시티 디바이스 및 네트워크) 및 WG4(테스팅) 등 데이터 기반 스마트시티 핵심기술을 개발하기 위해 총 4개 분과로 운영해왔다. 기술분과위원회의 WG1과 WG2에서 데이터허브의 기술규격 개발이 완료되면 시험규격 개발에 착수한다. 시험규격 개발 절차는 그림과 같다. 즉, 데이터허브의 아키텍처, 표준 인터페이스 및 데이터 모델에 대한 기술이 규격화되면 시험규격 개발자는 시험요구 기능을 도출한다. 이때 도출된 기능에 대해 규격화할 수 있는 기능을 선별하고 시험 범위를 정의한다. 또한, 시험항목에 대한 조건으로 필수 및 선택으로 구분하고 시험

대상에 대한 구현명세서를 배포한다.



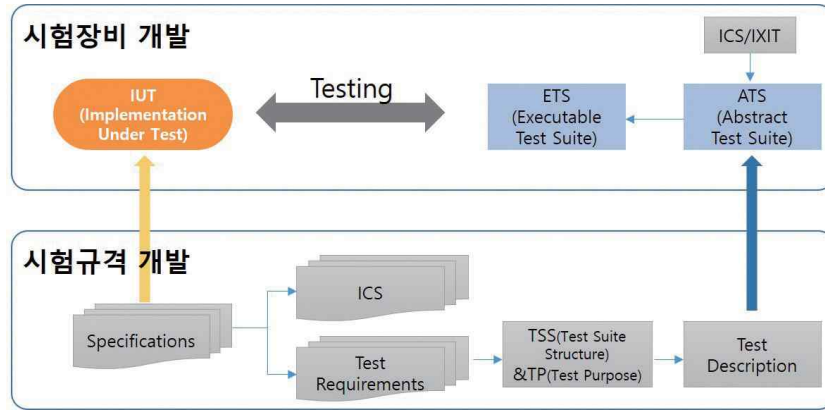
〈그림 3-2〉 스마트시티 데이터허브 시험규격 개발 절차

- 시험규격 개발을 위한 기능 정의가 완료되면, 본격적으로 시험항목 개발을 위해 추출된 시험요구 기능에 대한 시험항목 구조화 작업을 진행한다. 각 기능에 대해 앞서 설명한 시험범위에 해당되는 기능시험과 비기능시험으로 구분하고 시험항목 번호와 항목명을 부여한다. 시험항목 구조화 완료 후 시험항목별로 시험목적, 초기조건, 시험절차, 판정(Pass/Fail) 기준을 상세기술한다.

1 데이터허브 시험장비 개발 절차

- 데이터허브 시험검증을 위해 시험장비는 필수적인 요소이다. 각 모듈별 표준 인터페이스와 다양한 데이터 모델에 대하여 적합성을 검증하기 위해서는 인터페이스의 클라이언트 역할, 데이터 모델을 에뮬레이션하여 송수신할 수 있는 기능 등을 지원할 수 있는 시험장비 개발이 필요하다. 다음 그림과 같이 시험규격을 기반으로 시험대상과 연동하여 수행되는 시험절차 및 방법을 시험장비 내에 구현하기 위해 시험항목별로 ATS(Abstract Test Suite)를 개발한다. 또한, ATS(Abstract Test Suite)를 기반으로 시험장비가 시험절차를 실행할 수 있는 ETS(Executable Test Suite)를 개발한다.
- 시험규격 및 시험장비의 개발이 완료되면, 이에 대한 유효성 검증을 수행한다. 유효성 검증은 시험규격 및 시험대상의 유효성을 확보하기 위한 시험으로, 표준 규격을

준용하여 기준이 될 수 있는 시험대상과 시험장비를 연동하여 수행한다. 이 과정에서 시험규격 및 시험장비의 오류가 검출되는 경우, 표준규격 혹은 기술규격의 면밀한 검토를 통해 시험규격 및 장비를 수정완(업데이트)하여 유효성을 확보한다.



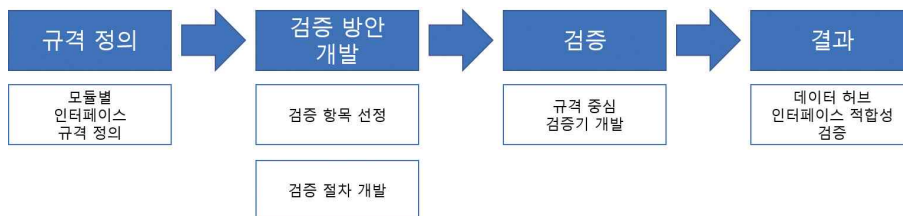
〈그림 3-3〉 스마트시티 데이터허브 시험장비 개발 절차

2 | 데이터허브 시험검증방안 설계

2-1 데이터허브 인터페이스 검증방안 설계

1 데이터허브 주요 모듈 인터페이스 기술 규격 현황

- 데이터허브 인터페이스의 적합성 검증하기 위해 데이터허브의 기술규격 중 'TS-04 아키텍처 및 인터페이스'를 이용하여 검증 방안을 개발하였다. 검증 방안을 개발하기 위해 검증 대상에 대한 검증 항목을 선정하고 검증 절차 및 평가 항목을 개발하였고 이를 통해 데이터허브의 모듈별 인터페이스의 적합성을 검증할 수 있는 검증기를 개발하였다. 검증기는 데이터허브 수집모듈을 대상으로 설계되었고 검증기를 통해 데이터 수집모듈을 검증한 결과를 정리하였다.



〈그림 3-4〉 데이터허브 인터페이스 적합성 검증 프로세스

- 데이터허브 주요 모듈 인터페이스는 대상의 생성/조회/수정/삭제 기능을 공통적으로 가지고 있다. 특히 데이터 수집 모듈은 다른 모듈과 다르게 데이터허브의 외부 데이터 소스와 직접적인 연결을 가지고 있고 다른 데이터 모듈들은 데이터 수집 모듈이 적재한 데이터를 이용하여 그 기능을 수행한다. 즉, 데이터 수집모듈의 기능 적합성이 다른 모듈들의 기능에 영향을 주기 때문에 해당 검증 프로세스를 데이터 수집 모듈에 먼저 적용하여 인터페이스 적합성을 검증했다.

○ 데이터허브 수집모듈 인터페이스

- 데이터허브의 데이터 수집 모듈은 RESTful API를 인용하여 인터페이스를 정의하고 있다.
- 현재 데이터 수집모듈에서 정의하는 리소스는 에이전트(Agent), 어댑터(Adaptor), 어댑터 유형(AdaptorType), 그리고 원천데이터(SourceModel)이지만 현재 'TS-04 아키텍처 및 인터페이스_v0.6' 규격상 에이전트 리소스만 정의되어 있다.

3 | 데이터허브 데이터 모델 검증방안 설계

데이터허브 데이터 모델 기술규격 현황

- 현재 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트의 기술분과위원회에서는 데이터허브를 구성하는 모듈별 인터페이스 기술 규격뿐만 아니라 데이터허브에 수집·저장·가공·활용되는 데이터 모델에 대한 정의 및 기술 요구사항을 개발 중이다. 데이터허브의 데이터 모델 검증을 위한 시험검증 대상 및 범위 파악을 위해 개발 중인 데이터 모델에 대한 기술규격 현황을 정리하였다.

○ 데이터 모델 규약

- 분야별 대상 데이터 모델을 정의하기 전에 공통의 모델링 규약을 정의할 필요가 있다. 첫째, 모든 영문자는 대소문자를 구분했다. 둘째, 데이터 모델의 예제는 JSON으로 작성하며 별도의 JSON스키마로 작성 및 배포한다. 셋째, 모든 데이터 모델은 논리적 엔티티를 모델링하며 필수 항목으로 데이터 인스턴스를 식별할 수 있는 id속

성과 엔티티 유형을 구분하기 위한 타입(Type) 속성을 정의한다. 넷째, 위치 정보는 **location** 속성으로 표현하며 위도 및 경도 좌표를 기본으로 지원한다. 다섯째, 하나의 엔티티는 다른 엔티티를 하위 속성으로 포함하지 않는다. 단, 엔티티 간의 관계를 엔티티 id값에 대한 링크(예: URI)로 표현한다.

1 데이터허브 데이터 모델 검증 수행 결과

- 스마트시티 데이터허브의 데이터 모델은 수집 모듈을 통해 수집된 데이터가 표준 포맷으로 변환되어 데이터 코어 모듈에 저장되거나 또는 수집된 데이터가 분석 모듈 등을 거쳐 데이터 코어모듈에 표준 포맷으로 저장이 될 수 있다. 그러므로 데이터 모델을 검증하기 위해서는 데이터 코어모듈을 대상으로 데이터 정보 교환을 위한 인터페이스(NGSI-LD)와 이를 기반으로 정의된 데이터 모델에 대한 적합성 검증이 필요하다. 본 연구에서는 데이터 코어모듈을 시험 대상으로 『주차정보 예측 서비스-노외 주차장 데이터 모델』에 대한 데이터 모델 검증을 위해 NGSI-LD 인터페이스 기반의 데이터 모델 시험항목을 정의하였다.

○ 시험항목 리스트

- 시험 항목 리스트는 시험 종류에 따라 유효 동작 시험(BV)과 비유효 동작 시험(BI)으로 분류한다. 유효 동작 시험은 시험대상의 지원 인터페이스 및 대상 데이터 모델에 대한 정상 동작을 검증하기 위한 항목으로 구성되며, 비유효 동작 시험은 시험대상에서 지원하지 않는 인터페이스 및 데이터 모델의 타입 등 비정상적 동작을 요청하여 해당 요청에 대한 오류 처리를 수행하는지 검증하기 위한 항목으로 구성된다. 자세한 시험항목은 부록에 첨부하였다.

○ 시험검증 수행 결과

- 스마트시티 데이터 코어 모듈(노외 주차장 데이터 모델)을 대상으로 NGSI-LD 인터페이스 시험항목을 기반으로 시험검증을 수행하였다. 기술규격으로 정의된 데이터 모델에 대한 기술규격 적합성 및 데이터 모델 검증을 위한 인터페이스의 시험검증 항목을 도출하였다. 해당 데이터 모델에 대해서 데이터 생성, 수정, 삭제 및 이력 조회 등의 검증을 통해 향후 기술 규격화되는 데이터 모델에 대한 시험검증 방법 개발을 위

한 기초자료로 활용될 예정이다.

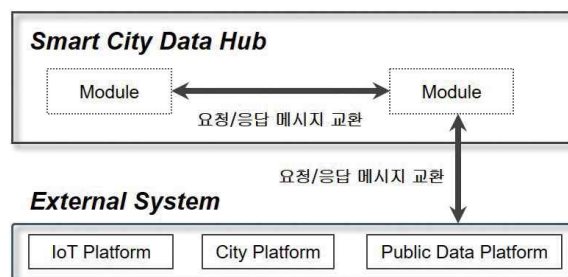
4 | 데이터허브 검증체계 수립

4-1 데이터허브 인터페이스 검증체계

1 시험검증체계 개요

- 시험검증체계는 시험대상(IUT, Implementation Under Test)을 정의하고, 시험대상의 기술적 요구사항 및 준용 표준기술에 따라 시험검증에 대한 범위를 설정함으로써, 시험규격, 시험구성도 및 시험환경, 시험항목의 구성·구조, 시험절차, 판정기준 정의한다.
- 본 연구에서는 데이터허브가 준용하고 있는 인터페이스 기술*에 대하여 표준 적합성을 검증하고자 데이터허브를 구성하는 코어 모듈*을 시험대상으로 정의하고, 데이터허브에 도입한 국제표준 기술에 대하여 인터페이스 적합성 시험검증 체계를 수립하였다.

- **Note** • 인터페이스 기술 : 본 연구에서 나타내는 인터페이스 기술은 데이터허브를 구성하는 내부 모듈 혹은 외부 시스템간의 메시지(데이터) 교환을 위한 체계를 나타내며, 이는 데이터허브에서 관리되는 데이터에 대해 저장, 조회, 수정 및 삭제 등의 기능을 제공하기 위해 정의한 통신 기술을 의미한다.
- **Note** • 데이터 코어 모듈 : 데이터허브를 구성하는 모듈 중 하나의 모듈로 데이터허브 플랫폼 내부에서 데이터를 적재하고 관리하는 주요 역할을 수행한다.



〈그림 3-5〉 스마트시티 데이터허브 인터페이스(메시지 교환) 모델

- 표준기술의 도입
 - 한국전자기술연구원(KETI)은 혁신성장동력프로젝트에서 기술분과위원회를 운영하며, 참여 연구기관들과 데이터허브의 핵심기술을 연구개발하였다. 또한, 유럽 사실표준인 NGSI-LD 인터페이스 기술을 데이터허브에 도입해왔다.
 - NGSI 기술은 과거 OMA(Open Mobile Alliance)로부터 개발된 표준이었으나, 근래에 온톨로지 관점에서 상위 도메인 간의 정보모델 관리 및 데이터 간의 연결(Linked Data)을 지원하기 위해 유럽전자통신표준협회(ETSI)에서는 산업규격그룹(ISG, Industry Specification Group)의 산하에 CIM 그룹을 중심으로 NGSI-LD API 표준기술 개발한다.
 - 최근 ETSI CIM에서는 NGSI-LD API 표준기술에 대한 시험규격 및 도구(Test Suite)를 개발하여 배포하였으며, 시험검증체계의 고도화를 위해 ETSI CIM에서 배포한 시험규격 및 도구 기반으로 데이터허브의 인터페이스 적합성 시험검증 범위를 정의하고, 시험장비 개발을 완료하였다.



〈그림 3-6〉 유럽전기통신표준협회(ETSI CIM) 표준 구성

1 시험검증체계 구성

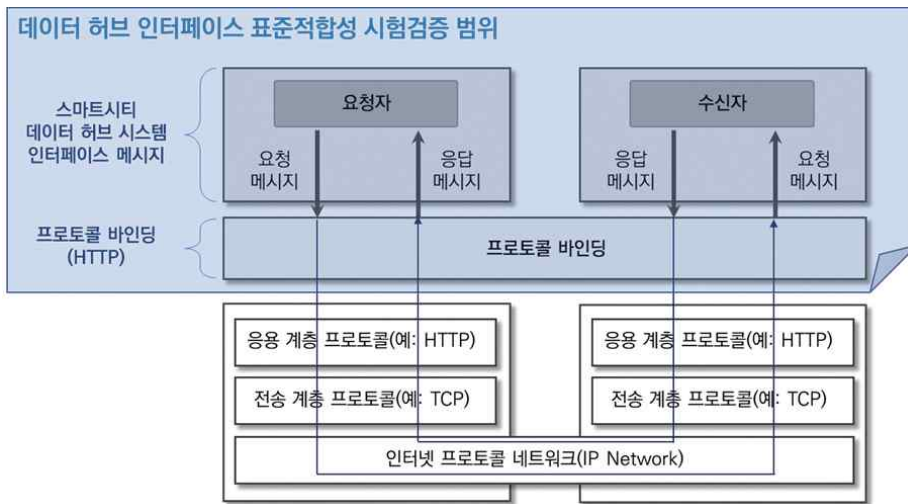
- 시험범위
 - 데이터허브의 인터페이스 표준적합성 시험검증은 국제표준인 유럽전기통신표준협회(ETSI CIM) NGSI-LD 표준기술을 도입한 데이터허브의 인터페이스 기능에 대하여 표준에 부합하는 여부와 상호운용성을 확인한다.

○ 시험대상

- 데이터허브를 구성하고 있는 모듈 중 데이터 코어 모듈을 시험대상으로 정의하고, 이는 NGSI-LD 인터페이스 기능이 적용된 Context Broker를 포함한다.

• Note • Context Broker : NGSI-LD 인터페이스 표준기술 규격에서 정의하는 구성 시스템 중 하나로 NGSI-LD 인터페이스의 동작을 지원하여, 데이터를 적재 및 관리한다.

- 데이터허브의 내부에 위치한 Context Broker는 NGSI-LD 인터페이스 기술을 도입하여 리소스별 동작에 따라 인터페이스를 구현하고, 요청자 혹은 수신자의 역할에 따라 메시지를 송수신한다. 이는 유럽전기통신표준협회(ETSI CIM)에서 개발한 표준 기술규격에 따라 동작하도록 구현한다.
- 시험대상은 인터페이스의 요청 및 응답에 따라 송수신하고자 하는 데이터가 포함될 수 있으며 데이터에 대한 생성(Creation), 조회(Retreive), 수정(Update), 삭제(Delete) 동작을 수행한다.



<그림 3-7> 스마트시티 데이터허브의 인터페이스 표준 적합성 시험검증 범위

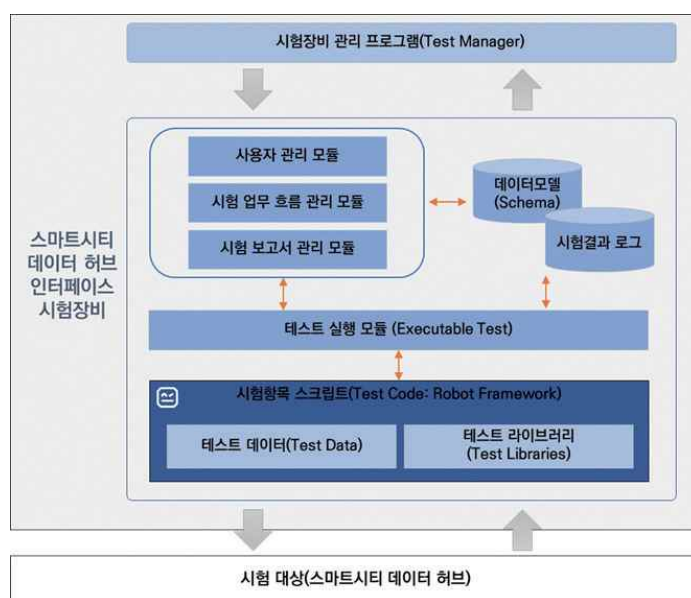
○ 시험규격

- 유럽전기통신표준협회(ETSI CIM)에서 개발한 표준 기술규격을 근간으로 인터페이스의 표준 적합성을 시험검증하기 위해 시험범위, 시험대상, 시험구성, 시험항목, 시험절차, 판정기준 등 시험에 요구되는 전반적인 내용을 명세한다.
- 최근 유럽전기통신표준협회(ETSI CIM)에서는 NGSI-LD 인터페이스의 기술규격뿐만

- 아니라 이를 시험하기 위한 시험규격을 그룹보고서(GR, Group Report)로 제정하여 배포하였다.
- 데이터허브의 인터페이스 시험검증체계 고도화를 위해 유럽전기통신표준협회(ETSI CIM)의 NGSI-LD 시험규격 및 시험절차를 면밀히 검토하였으며, 최근 이를 도입하여 데이터허브 검증을 위한 시험항목을 도출하였다.
 - '22년 하반기에 혁신성장동력프로젝트에서는 실증도시(대구, 시흥)에 구축된 데이터허브를 대상으로 인터페이스 적합성 시험검증을 추진계획 중이며, 인터페이스 적합성 시험의 범위는 총 50개의 항목으로 구성된다.
 - 이는 지난 '20년 인터페이스 적합성 시험규격 개발에 이어 기본적으로 데이터의 생성, 조회, 수정, 삭제 동작에 대한 시험항목뿐만 아니라, 구독(Subscription) 및 통지(Notify) 동작에 대한 시험항목이 추가되어, 고도화된 시험절차와 시험범위의 확대를 기대할 수 있다.

• **Note** • 구독 및 통지 : 도시에 분포된 IoT(Internet of Things)의 센서를 비롯하여 다양한 서비스에서 지속적으로 데이터값을 확인하고자 하는 경우, Context Broker에 데이터를 지속적으로 전달해주는 기능을 나타낸다. <예시> 센서값이 변동된 경우 전송, 주기적으로 센서값을 전송하기 위한 기능

○ 시험장비



<그림 3-8> 스마트시티 데이터허브 인터페이스 시험장비 구성도

- 시험장비는 시험대상과 연동하여 시험규격에서 정의하고 있는 시험항목 및 절차에 따라 표준에 적합하게 올바르게 동작하고 있는지 여부를 판별하는 장비를 나타내며, 시험대상과 시험환경을 구성하여, 요청자 혹은 수신자 역할을 수행하면서 송수신된 메시지가 표준규격에 따라 올바른지 여부를 검토한다.
- 앞서 기술한 시험항목별 절차에 따라 사전처리(I.e. NGSI-LD 인터페이스 동작을 활용하여 시험대상에 데이터를 사전에 생성 요청하는 등 시험목적에 부합하는 환경 조건을 조성)하고, 시험절차에 따라 시험을 실행한다. 또한, 시험절차가 완료되면 시험장비는 시험을 위해 생성한 데이터를 삭제하는 등 사후처리를 수행하고 최종적으로 해당 시험항목에 대한 판정(Pass or Fail)을 내린다.

○ 시험환경 구성

- 데이터허브의 인터페이스 적합성 시험환경은 메시지를 송신하는 요청자(Requester), 메시지를 수신하는 응답자(Responder)로 구분되며, 이는 인터페이스에서 대상으로 하는 동작에 따라 시험대상과 시험장비 간의 역할이 정의된다. 본 시험검증에서는 시험장비가 요청자의 역할을 수행하며, 시험대상이 응답자의 역할을 수행한다.

4-2 데이터허브 데이터 모델 검증체계

시험검증체계 개요

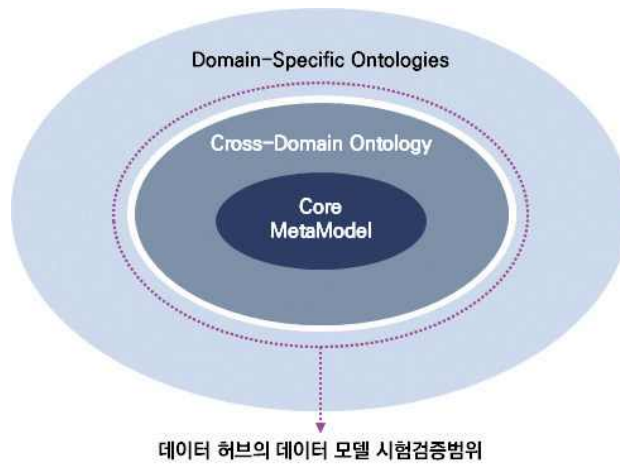
○ 데이터 모델 적합성 시험검증체계 정의

- 시험검증체계는 NGSI-LD 기반 데이터 모델의 시험검증을 위한 준용 기술 및 시험규격, 시험검증 대상 정의, 시험구성도 및 시험환경, 시험항목 구성·구조·리스트, 판정 기준에 대한 내용을 나타낸다.

○ 데이터 모델 적합성 시험검증체계의 목적

- 스마트시티 혁신성장동력프로젝트에서 개발하는 데이터허브의 실증도시 및 국가 시범도시의 성공적 적용 및 안정적 모델 운영을 위해 데이터허브에서 관리하는 데이터 모델을 대상으로 적합성 검증체계를 개발하였다.

- 데이터허브의 데이터 모델 시험검증은 NGSI-LD기반의 정보모델인 코어 메타모델(Core MetaModel)과 교차영역 온톨로지(Cross-Domain Ontology)에 대한 데이터 모델 스키마 기반의 적합성 시험을 말한다. 본 시험 규격에서는 데이터 모델에 대한 기술 적합성을 검증하기 위한 시험항목 및 절차를 정의함으로써 데이터허브 기반 스마트 시티 서비스에 적용된 데이터 모델의 적합성 및 상호운용성 제고를 목적으로 한다.



<그림 3-9> NGSI-LD 기반 데이터허브의 데이터 모델 시험검증 범위

시험검증체계 구성

- 시험범위
 - 데이터허브 데이터 모델의 적합성 시험검증은 국제표준 ETSI CIM의 NGSI-LD 인터페이스 기술을 적용한 데이터허브 플랫폼에서 수집·저장·분석·공유되는 데이터 모델에 대한 적합성 및 상호운용성을 확인한다. 이는 데이터허브가 데이터 모델의 명세에 적합하게 저장 및 관리되는지를 확인하기 위한 시험검증을 나타낸다.
- 시험대상
 - 시험검증 대상(IUT, Implementation Under Test)은 실증도시에 구축된 데이터허브 등에서 활용하는 다양한 도메인/서비스의 데이터 모델을 대상으로 정의한다. 또한, 데이터허브 내부에 위치한 데이터 코어 모듈이 Context Broker로서 NGSI-LD 인터페이스 기술을 활용하고 있으므로, 본 시험검증에서는 이를 이용한 시험절차를 정의하였다.

○ 시험검증 범위의 요구사항

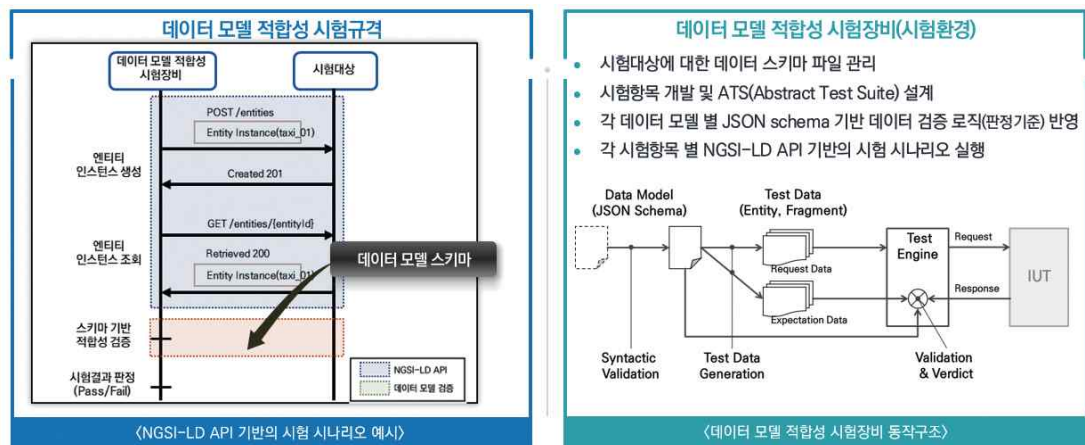
- 데이터 모델 적합성 시험검증은 NGSI-LD 정보모델의 규격에 따라 속성 정보를 분류하고, 데이터 모델을 대상으로 속성별로 시험항목을 구분하여 구조화하였다.

○ 시험규격

- 스마트시티 혁신성장동력프로젝트의 연구를 통해 개발된 「데이터허브 데이터 모델 적합성 시험규격」에 따라 시험검증을 위한 시험항목 및 절차, 시험환경, 판정기준 등을 정의한다.

- 스마트시티 데이터허브의 데이터 모델* 적합성 시험절차는 NGSI-LD 인터페이스 동작을 활용하여 시나리오 기반의 시험절차를 설계하였다. 데이터의 생성/수정/조회 등의 NGSI-LD 인터페이스 동작을 이용하여 시험대상이 스키마**에 명시한 데이터 모델의 규격에 따라 올바르게 저장할 수 있는지, 외부 시스템으로 제공할 수 있는지 여부를 판단한다.

- Note • 데이터 모델 : 데이터를 설계하는 단계에서 데이터의 구조 및 구성, 특성 등의 명세를 의미하며, 데이터에 대한 접근 및 처리과정에 요구되는 추상화 모형을 나타낸다.
- Note • 스키마(JSON-schema) : 데이터 모델링을 표현하고 적합한 형식의 데이터인지 검증하기 위해 정의한 데이터 명세를 나타낸다. 데이터를 객체화하여 활용할 수 있도록 데이터의 구조 및 제약조건을 전반적으로 기술한 문서를 의미한다.

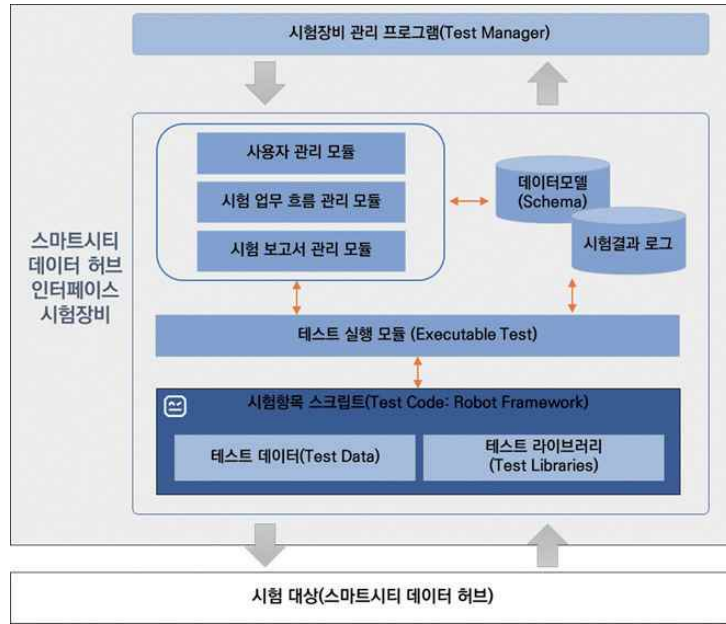


〈그림 3-10〉 데이터 모델 적합성 시험 시나리오 예시

- 특히, 데이터 모델의 경우 다양한 도메인/서비스가 도시에 존재하고 이에 대한 데이터 명세도 다양하므로, 스키마 기반의 검증기준을 마련하여 다양한 데이터 모델을 대상으로 적합 여부를 검증할 수 있도록 구조를 설계하였다. 또한, 표준 시험규격 기반으로 시험을 판정하는 인터페이스 적합성 시험검증과 달리 데이터 모델 적합성 시험검증의 판정기준은 데이터 모델을 명세하는 스키마(JSON-schema)를 기준으로 판정한다.
- 시험항목은 크게 유효 동작 시험(BV, Valid Behaviour)*과 비유효 동작 시험(BI, Invalid Behavior)**으로 구분되며, 하위 구분은 인터페이스 기술을 활용한 시험 시나리오와 속성정보에 따라 구분된다.

- Note • 유효 동작 시험(BV, Valid Behaviour) : 시험대상의 동작이 기술규격 및 데이터 모델의 명세에 따라 데이터가 적합한지 확인하는 시험을 나타낸다.
- Note • 비유효 동작 시험(BI, Invalid Behaviour) : 비유효 동작 시험은 시험장비가 데이터 모델의 명세에 부합하지 않은 비정상적인 메시지(데이터)를 보내는 경우, 시험대상이 기술규격에 명시된 오류 처리 절차에 맞추어 동작하는지 확인하는 시험을 나타낸다.

- 시험장비는 기술규격, 시험규격 및 시험대상이 제공하는 데이터 모델의 스키마를 준용하여 정확하고, 신뢰성 있는 시험결과를 보장해야 한다. 이에 따라 본 시험장비는 준용 기술규격에 의하여 요구되는 프로토콜의 모든 관점을 관찰하고 각 시험항목에 관한 결과, 즉 통과(Pass), 실패(Fail)를 평가한다. 또한, 시험대상과 반복적으로 제어되는 방법으로 수행되며 하드웨어와 소프트웨어로 구성된다.
- 시험장비는 시험대상인 데이터허브 시스템에서 저장 및 관리하는 데이터 모델(스키마)을 시험장비 시스템에 입력(Import)하여 각 시험항목의 목적에 따라 시험 실행을 위한 기능을 지원한다. 또한, 데이터를 생성 및 갱신을 위한 컨텍스트 생산자(Context Producer)와 데이터 구독을 위한 컨텍스트 소비자(Context Consumer) 기능을 포함한다. 이러한 기능을 이용하여 시험장비는 데이터허브 내부에 위치한 컨텍스트 브로커(Context Broker)와 메시지(데이터)를 교환한다.

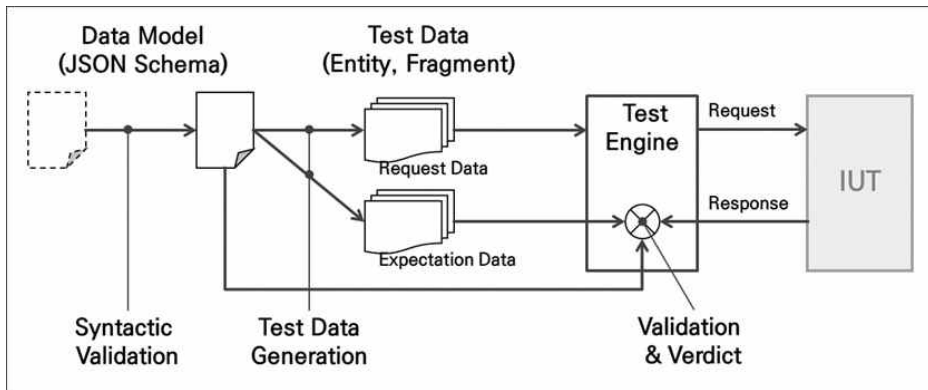


〈그림 3-11〉 데이터허브의 데이터 모델 적합성 시험장비 시스템 구성도

- 시험장비의 시스템은 시험대상에 대한 정보를 기록하는 단계로부터 결과보고서 생성 단계까지 관리 기능을 제공하는 워크플로우 관리기(Test Workflow Manager), 시험규격을 구현한 테스트 코드와 시험에 사용되는 데이터를 관리하는 저장소(Test Data Repository), 시험 수행 및 시험 결과보고서 생성을 담당하는 시험 엔진(Test Engine) 그리고 시험 실행 기록 및 결과보고서를 저장하는 시험보고서 저장소(Test Report Repository)로 구성된다.
- 시험장비 사용자는 워크플로우 관리기의 사용자 유저 인터페이스(UI)를 이용하여 시험 대상물 등록, 시험 대상이 지원하는 응용서비스 데이터와 관련된 데이터 모델 관리, 시험에 사용되는 환경설정 및 테스트 범위를 지정하는 시험 계획 수립, 시험 계획에 따른 시험 진행 및 시험 결과보고서 보관 및 관리에 이르는 시험 전주기의 작업을 제어할 수 있도록 구현하였다.
- 특히 데이터 모델 관리 기능은 데이터 모델을 정의하는 스키마(JSON Schema)의 문법적 검증 및 스키마 파일을 기반으로 시험에 필요한 데이터 파일(요청 데이터 및 비교 데이터)을 생성하는 기능을 포함한다.
- 시험 데이터 저장소는 시험규격을 로봇프레임워크 시험목적 기술 언어(TPDL, Test

Purpose Description Language)로 구현한 테스트 코드(Test Code)와 시험 대상 서비스에 대한 데이터 모델 정의(Data Model Schema) 및 테스트 코드에서 참조하는 NGSI-LD 규격의 테스트 요청 데이터(Request Data)와 기대 데이터(Expectation Data)에 대한 파일 저장소를 나타낸다.

- 테스트 엔진(Test Engine)은 오픈소스 테스트 자동화 프레임워크인 로봡프레임워크가 사용되었으며, NGSI-LD 인터페이스 연동 및 데이터 모델 검증을 위한 라이브러리(REST, JSON, JSONSchema)와 NGSI-LD 규격 지원을 위한 시험도구 구현이 추가되었다.
- 시험보고서 저장소는 시험이 완료되면 최종적으로 로봡프레임워크의 실행 결과로 생성되는 로그 데이터와 시험결과보고서(요약본)가 저장되며, 시험결과 기록(로그/결과 보고서)을 관리할 수 있도록 지원한다.

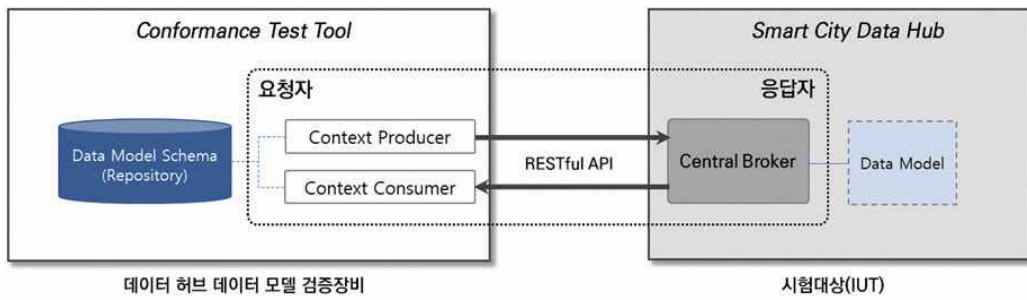


〈그림 3-12〉 데이터 모델 적합성 시험 시나리오 예시

- 위 그림은 시험장비의 데이터 모델 검증 절차를 중심으로 시험장비 구성 요소들의 역할을 개략적으로 보여준다. 워크플로우 관리를 통해 등록된 데이터 모델 정의(JSON Schema)는 문법적인 검증을 거쳐 시험장비에 등록되며, 시험 항목에서 필요로 하는 요청 데이터(Request Data) 및 비교검증을 기대 데이터(Expectation Data)를 자동으로 생성한다. 생성된 요청 데이터는 시험 엔진을 통해 시험대상물에 전달되며 시험대상물의 응답(Response)은 데이터 모델 정의를 기반으로 모델 검증(Schema Validation) 및 기대 데이터와의 비교를 통한 판정(Verdict)이 진행된다.

○ 시험환경

- 데이터 모델 적합성 시험장비는 시험대상의 데이터 모델을 스키마 기반으로 저장 및 관리할 수 있는 기능을 지원한다. 또한 데이터를 생성 및 갱신하기 위한 **Context Producer** 기능과 데이터를 조회 및 구독하기 위한 **Context Consumer** 기능을 포함한다. 해당 기능을 통해 시험대상인 스마트시티 데이터허브의 데이터 모델을 **Central Broker**를 통해 교환할 수 있다. 데이터허브의 데이터 모델 적합성 시험은 다음 그림의 시험 구성도와 같이 시험장비의 요청 메시지에 대해서 시험대상이 기술규격에 적합한 응답 메시지를 전송하고 동작하는지 확인한다.



〈그림 3-13〉 데이터 모델 적합성 시험구성도

1 | 스마트시티 사업관리 모델 활용 방안

- 가까운 미래에 스마트시티 프로젝트를 개발·실행하고자 하는 도시와 도시 이해관계자에게 사례를 제시하고, 통합 계획·관리에 있어 무엇을 기대하고 준비해야 하는지를 사전에 파악할 수 있도록 베스트 프랙티스 정보를 제공한다.
- 대구, 시흥의 구축 사례를 구축 사례로 제공하여 사업추진 경험으로 공유하여 향후 각 지자체가 실행계획 수립과 프로젝트 추진에 참조, 활용할 수 있다.
- 스마트시티 구현, 관련 R&D 등 각종 스마트시티 관련 사업을 진행하는 지자체에 확산 적용하여 효과적인 서비스 개발 및 성과관리에 활용할 수 있다.
- 해외에서는 현재 국내에서 추진 중인 스마트시티의 강점으로 공공이 주도하는 거버넌스 체계를 강점 중 하나로 평가하고 있다. 본 연구를 통해 개발된 정성적, 정량적 서비스 수준 관리지표 및 성과 측정 프레임워크는 한국형 스마트시티 R&D 프로젝트 실정에 맞는 성과관리 방식으로 국가단위로 추진되는 스마트시티 프로젝트뿐 아닌 지자체 및 민간기업 주도의 모든 스마트시티 프로젝트에서 목표로 하는 핵심 성과들의 달성도를 체계적으로 측정하고 모니터링 할 수 있다.
- 현재 국내에서 추진 중인 해외 스마트시티들과의 교차실증 프로젝트를 통해 해외 스마트시티 구축사업에 적용 확산함으로써, 해외 도시들에도 적용할 수 있음을 증명하고, 타당성을 확보하여 향후 연구에서 언급한 표준화된 프로세스 및 거버넌스 체계를 보완하게 된다면 스마트시티 프로젝트를 추진하는 여러 해외 도시들에 성공적이고 효과적인 성과관리기법으로 해당 관리기법과 노하우를 수출할 수 있을 것으로 전망한다.
- 혁신성장동력 프로젝트에서 개발된 데이터허브에 대한 검증을 실시하였다. 향후 시험 규격과 대상을 확대하여 검증의 범위를 확대할 필요가 있다. 향후 본 사업을 통해 개발된 데이터허브와 기업에서 제안하는 데이터허브가 시장에서 함께 운영될 것

으로 예상된다. 도시 데이터의 축적과 연계를 위해서는 개발된 데이터허브 검증방안을 중심으로 표준 규격을 개발하고, 상호운영성 검증을 추진하는 등 다양한 성과 활용이 가능할 것이다.

1 | 시사점 및 개선 방안

- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트는 국가연구개발사업을 지자체와 협력하여 연구 참여기관이 수행함으로써 공모, 발주, 사업관리 등에 다양한 기준과 절차가 적용되어 목표 설정, 관리기법 적용, 평가관리에 중첩되는 부분이 있었다. 실제 다양한 관리 기법을 도입, 적용하였으나 국가연구개발사업의 한계를 벗어나기 어려웠다.
- 지자체가 직접 사업수행 주체로 비전, 목표 및 계획수립, 구현, 관리, 운영을 추진할 경우 도시, 시민 관점의 서비스 개발과 성과물 이관 및 향후 운영체계 구축이 보다 효과적으로 진행될 것으로 예상된다.
- 혁신성장동력 프로젝트는 서비스 개발이 시작된 이후에 본 과제가 시작되었으나, 향후 본 사업관리 모델을 적용하고자 할 경우 사업기획 단계에서부터 적용하여 서비스 및 목표를 수립하는 것이 보다 효과적일 것이다.
- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트에서 개발된 서비스는 해당 도시 전역에 걸쳐 적용되기보다는 특정 지역을 중심으로 실증이 추진되었다. 데이터에 근거한 지자체 차원의 비전과 목표 달성, 성과의 측정을 위해서는 데이터의 수집과 비교를 위한 해상도를 맞추어야 하며 이를 위해서는 장기적 관점의 접근이 필요하다.
- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트의 성과지표 연구는 기존 문헌 연구를 통해 제기되었던 다수의 스마트시티 프로젝트 개발에 따른 성과관리와 서비스 · 인프라의 효과 및 더 나아가 이로 인해 얻어지는 도시 차원에서 발생하는 효과에 대해 실증 연구를 수행하였다.
- 각 분야 전문가들과 지속적인 커뮤니케이션으로 한국형 스마트시티 프로젝트 관리에 적합한 개념적 프레임워크를 정립하였으며, 기존 문헌들과 해외 스마트시티 지표를 참고하여 실제 국가 스마트시티 프로젝트에 참여하고 있는 다수의 실무진과 전문가 검토를 통해 검증하였다.

- 본 연구를 통해 도출된 성과지표의 개념적 프레임워크와 KPI 정의서는 많은 실무적 기여도를 갖는다. 프로젝트 성과관리 차원에서는 스마트시티 R&D 프로젝트를 통해 연구되는 기술적인 성과부터 시작하여 도시효과까지 구체적인 산식 설정으로 성과를 효과적으로 관리할 수 있으며, 프로젝트 진행관리 차원에서는 연구진, 관리자, 지자체의 입장이 반영된 목표를 설정하고 효과적인 커뮤니케이션 창구로서의 기능을 수행함으로써 성공적인 사업 추진을 도모할 수 있다.
- 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트를 통해 스마트시티의 성과지표를 계층화한 개념적 프레임워크를 정립하고, 이를 서비스 실증 과제인 2핵심의 교통, 안전, 행정, 3핵심의 환경, 에너지, 복지, 데이터허브, 그리고 원천기술 개발 과제인 1핵심까지 적용하여 성과관리를 진행해 보았을 때, 각 세부핵심의 사업의 특성과 이해관계자의 입장 차이에서 발생하는 이슈들이 있었다. 이는 실무진 간 오랜 기간 지속적인 협업과 커뮤니케이션으로 해결할 수 있었으며, 추후 해당 성과관리 체계를 다른 국가 스마트시티 연구개발 프로젝트에 적용하고자 한다면 분명히 유의해야 하는 부분일 것이다.
- 연구를 통해 도출된 성과관리 기법과 성과지표 POOL을 추후 수많은 세계 스마트 지표들과 경쟁하여 표준화된 성과관리, 성과지표 POOL로 만들기 위해서는 보다 많은 스마트시티 프로젝트에 적용하여 표준화된 프로세스 및 거버넌스 체계가 정립되어야만 해당 기법의 타당성과 신뢰도가 확보될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Carlos, P., & Pedro, M., & Anibal, T.(2020). Review of Smart City Assessment Tools. Smart Cities, 2020(3), 1117–1132. doi:10.3390/smartcities304005
- 정규석(2018). 핵심성과지표 개발 방법 비교연구. 품질경영학회지, 46(4) , 863–876.
- 김옥연, 이영은, 김홍주, 유동주, 고지영(2020). LH 참여형 도시재생뉴딜사업 성과지표(KPI) 개발 및 관리 연구(연구지원 2020-109호). LH 토지주택연구원.
- 이재용, 김성수, 김은란, 박종순, 이미영, 이성원(2016). 스마트도시 성숙도 및 잠재력 진단모형 개발과 적용방안 연구(기본 16-15). 국토연구원 KRIHS.
- U4SSC(2017). Collection Methodology for Key Performance Indicators for Smart Sustainable Cities. Switzerland Geneva.
- U4SSC(2021). Key performance indicators : A key element for cities wishing to achieve the Sustainable Development Goals. Switzerland Geneva.
- 박경귀(2004). 성과지표의 개념과 유형. 한국정책평가연구원.
- 강민욱, 김영재(2019). 스마트시티 평가지표별 특성 및 서울시 강약점 분석, 서울디지털재단.
- 한규보(2021). 스마트시티 성과관리를 위한 핵심성과지표 프레임워크 연구
- Microsoft 365 Team(2019). 핵심성과지표(KPI):핵심성과지표의 정의 및 사용 방법[온라인 칼럼]. Retrieved from <https://www.microsoft.com/ko-kr/microsoft-365/business-insights-ideas/resources/what-are-kpis-and-how-to-use-them>
- IBM(2021). KPI 구성[온라인 칼럼]. Retrieved from https://www.ibm.com/docs/ko/SS9J9E/ioc/use_kpiportlet.html
- tableau(연도미상). KPI, 목표 달성의 나침반[온라인 칼럼]. Retrieved from <https://www.tableau.com/ko-kr/learn/articles/what-is-kpi>
- tableau(연도미상). KPI의 유형과 예시[온라인 칼럼]. Retrieved from <https://www.tableau.com/ko-kr/learn/articles/types-and-examples-of-kpis>
- 성장중독 마케터K(2021). 우리 비즈니스를 측정하기 위한 지표(Metrics)와 KPI 설정, 어떻게 해야 할까?[온라인 칼럼]. Retrieved from <https://growth-mkt-k.kr/how-to-measure-metrics-and-kpi/>

스마트시티
혁신성장동력
프로젝트



SMART CITY