



서울시 스마트도시 지원
사이버물리시스템 구축과 운영방안

이석민 윤행미

연구책임

이석민 서울연구원 안전환경연구실 선임연구위원

연구진

윤형미 서울연구원 안전환경연구실 연구원



이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시와 정책과는 다를 수도 있습니다.

서울시 사이버물리시스템 구축하려면 데이터·인프라·조직·제도 정비 ‘급선무’

‘스마트도시 서울’ 지원하는 사이버물리시스템 구축 적극 검토할 시점

사이버물리시스템은 현실세계의 물리적 환경과 컴퓨터상의 사이버 환경을 사물인터넷, 클라우드 등의 기술을 통해 연결하여, 현실세계의 정보를 실시간으로 사이버세계에 전달하여 분석하고 이를 다시 현실세계에 반영하는 양방향성 시스템이다.

사이버물리시스템은 스마트도시 발전과정에서 제시되고 있는 기반 구축-도시 플랫폼 구축-미래도시 단계 중 최종 단계인 미래도시 단계에서 다양한 데이터를 실시간 처리 분석하는 알고리즘을 바탕으로 도시문제 해결을 위한 아이디어와 서비스를 제공하는 시스템으로 최근 강조되고 있다.

현재 서울시는 스마트도시 정책 및 사업과 관련하여 공간정보 플랫폼, IoT 도시데이터, 빅데이터, AI(인공지능) 등 스마트도시를 위한 기반을 구축하였으며, 이를 활용하여 스마트도시 서비스를 일부 제공하고 있다. 이러한 스마트도시 서비스를 도시 전역으로 확대하고, 도시 운영의 효율성을 향상시키기 위해서는 공간정보 플랫폼, IoT 도시데이터, 빅데이터, AI 기술을 더욱 긴밀히 연계 활용할 필요가 있다. 따라서 도시의 다양한 현실세계와 가상세계를 연결하고, 실시간 데이터를 분석·시물레이션하여 도시문제를 해결할 수 있는 사이버물리시스템의 도입을 적극 검토하여야 한다.

사이버물리시스템, 국내외 활용사례 많고 싱가포르는 도시문제 해결 활용

사이버물리시스템은 도시 내 다양한 분야에서 활용되고 있다. 국내에서는 유해화학물질 사고를 예방하고, 국토정책과 공간계획 수립을 지원하는 분석 및 시물레이션 플랫폼으로 쓰이고 있다. 도시 전체에 적용한 사례로는 전주시와 세종시의 사례를 살펴보

았다. 전주시에서는 디지털트윈 기반의 스마트시티 구축을 위해 3단계의 거버넌스 구축(안)을 마련하여 참여단체, 기술수준, 시민참여도를 정의하여 기술도입에 따른 거버넌스 발전방안까지 고려하였다. 세종시에서는 신도시 계획 및 설계단계, 시공단계, 운영단계의 도시생애 주기를 고려하여 도시에 당면한 문제를 해결하고 효율적 운영방안을 마련하는 데에 디지털트윈을 활용하였다.

싱가포르에서는 디지털트윈 구축, 분석 알고리즘 구축 및 확대, 도시 운영 적용 및 최적화의 3단계로 계획하고 이를 운영함으로써 도시문제를 해결하는 데 사용하였다. 미국에서는 생산공정, 교통, 전력, 헬스케어, 홈/빌딩, 국방, 재난대응 등 분야별로 구축된 데이터를 사이버물리시스템 테스트베드와 연계하여 운영 후, 향후 통합하여 도시 전체로 확장하였다. 영국에서는 도시계획의 초기 단계에서 디지털트윈을 이용하여 계획을 시뮬레이션하여 결과와 영향을 미리 확인함으로써 개발 위험을 최소화하는 데 사용하고 있다.

서울시 사이버물리시스템, 기존 스마트도시 인프라·플랫폼 연계로 가능

서울시 사이버물리시스템은 새롭게 구축하는 것이 아닌 기존의 스마트도시 관련 인프라인 사물인터넷 데이터, 공간정보 플랫폼, 빅데이터, AI 분석기술 등을 연계하여 구현하는 것이다. 이에 따라 서울시 사이버물리시스템의 구축 개념과 모형을 정립하고, 이를 구현하는 각 요소인 공간정보 플랫폼, 도시데이터, 현실세계와 가상세계의 연결 등에 대한 이해와 개선사항이 필요하다.

이를 위해 현재 스마트도시정책관에서 수행하고 있는 스마트도시 지원 플랫폼들 간의 유기적 연계가 선행되어야 한다. 스마트도시 지원 플랫폼 중 공간정보 플랫폼인 S-Map과 사물인터넷 플랫폼인 S-DoT의 연계를 보다 강화해야 하고, 이와 더불어 빅데이터 플랫폼과의 연계가 추후 진행되어야 한다. 각 플랫폼의 연계 이후 사물인터넷 데이터가 공간정보 플랫폼에 실시간으로 수집되고 빅데이터가 구축되면, 다양한 분석 및 시뮬레이션 알고리즘을 통해 현 상황의 모니터링, 분석, 예측 등에 이들 데이터를 활용할 수 있다.

분석 및 시뮬레이션 알고리즘이 향후 빅데이터 분석의 고도화, 인공지능 등 신기술 적용을 통해 점차 진화하여 실시간·시계열 분석, 복합시스템 분석 등을 수행할 수 있게 되면, 기존에 해결하기 어려운 도시현상을 분석하고 해결할 수 있다.

사이버물리시스템 구현엔 공간정보·빅데이터 등 다양한 데이터 구축 필요

사이버물리시스템 구현을 위해 여러 분야 간 융복합을 가능하게 하려면, 공간정보, 사물인터넷, 빅데이터 등 다양한 데이터를 구축할 필요가 있다.

공간정보 데이터는 가상현실 내에서 운영될 수 있도록 3차원 데이터가 기반이 되어야 하며, 이는 현재 구축되어 있는 공간정보를 활용하여 3차원 공간정보를 구축할 수 있다. 사물인터넷 데이터는 실시간 센싱데이터의 수집 확대, 이종 센싱데이터 간의 통합, 센싱데이터의 표준화 등이 선행되어야 한다. 실시간으로 수집되는 빅데이터는 저장, 관리가 원활하게 이루어져야 하므로, 데이터 형태별, 분야별 등 다양하게 구성된 빅데이터를 최종 활용 목적에 부합할 수 있도록 구성하여야 한다.

향후에는 민간과의 연계를 통한 데이터 확보가 수행되어야 하며, 공간정보, 사물인터넷, 빅데이터의 연계를 통해 통합 활용할 수 있도록 해야 한다.

스마트도시정책관 플랫폼·활용부서 시스템 간 기술적·행정적 연계 바람직

서울시 국실별로 추진되고 있는 스마트도시 사업에서 사이버물리시스템을 활용하기 위해서는 우선적으로 스마트도시정책관과 활용부서 간 이해를 높이기 위한 사이버물리시스템 연계테이블 작성을 수행할 필요가 있다. 이러한 사이버물리시스템 연계테이블을 통하여 스마트도시정책관에서 구축한 다양한 플랫폼과 활용부서에서 앞서 구축한 정보시스템, 센서, 데이터, 서비스 모델의 상호운용을 위한 기술적, 행정적 연계를 진행하도록 한다. 연계테이블은 사이버물리시스템의 주요 기능(현실문제, 현실데이터, 현실모델링, 데이터전달, 가상모델(가상화), 의사결정, 자율제어)을 고려하고 서울시 스마트도시 사업을 추진하는 부문별 업무내용을 반영하여 작성하여야 한다. 이러한 연계테이블을 통해 스마트도시정책관과 활용부서 간의 이해를 돕고, 스마트사업 수행 시 원활한 사업 진행이 이루어질 것으로 기대한다.

스마트도시정책관, 서울시장 직속으로 하고 사이버물리시스템 협의체 구성

서울시에서 추진하고 있는 스마트시티 구축 및 운영을 한 단계 발전시키고 다양한 분야에서 사이버물리시스템의 개념을 접목하여 운영하기 위해서는 서울시 조직개선과 사이버물리시스템 협의체 구성이 필요하다.

이를 위해서는 서울시 스마트도시정책관을 서울특별시시장 직속으로 두어 기존 업무 외 스마트도시 구축에 관한 기획, 예산, 평가, 조정, 협의 업무를 활용 부서 간 융합과 협력을 체계적으로 수행하게 한다. 이와 더불어 스마트도시의 마지막 단계인 미래도시를 구현하고, 끊임없이 발전하는 새로운 기술을 도시운영에 빠르게 적용하기 위해 디지털부시장의 신설도 고려할 필요가 있다.

또한, 사이버물리시스템 협의체를 구성하여 분야별 요구사항과 문제점 파악, 해결이 필요한 주요 현황을 인지하고 도시서비스 모델을 개발하여야 한다. 사이버물리시스템 협의체의 참여기관은 스마트도시정책관, 분야별 업무부서, 시민 및 민간기업이 해당된다. 스마트도시정책관은 표준화 제정, 협의체 구성 및 운영, 기술지원, 관련 플랫폼 및 데이터 지원 등 컨트롤타워 역할을 수행한다. 분야별 업무부서는 해당 분야의 주요 이슈 및 문제점을 분석하고, 이를 해결하기 위한 방안 또는 요구사항을 제안하고, 시스템 유지관리 및 운영의 역할을 수행한다. 시민 또는 민간기업은 스마트도시 서비스를 개선하고 개선사항 등을 제안하며, 사이버물리시스템의 하나의 주체로 활동한다.

사이버물리시스템 구축·스마트도시사업 고도화 위해 서울시 조례도 개정

사이버물리시스템 구축과 스마트도시 사업 고도화를 위해서는 데이터 및 시스템의 표준화, 데이터의 수집과 활용, 공간정보 협의체 구성 등에 대한 제도적 기반 마련이 필요하다. 이를 위해 「서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례」, 「서울특별시 사물인터넷 도시조성에 관한 조례」, 「서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례」의 개선방안을 제시하고자 한다.

「서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례」에는 사이버물리시스템 구축과 밀접한 관련이 있는 스마트도시 데이터, 시스템, 서비스 등의 통합을 위한 표준화와 가이드라인 수립내용을 신설하여 스마트도시 사업 추진의 서비스 호환성 및 연계성을 향상시켜야 한다. 「서울특별시 사물인터넷 도시조성에 관한 조례」에는 사물인터넷을 통한 도시데

이터의 수립과 활용도를 높이기 위해 전 주기 관리체계 마련 및 도시데이터 표준화 준수내용을 신설하여야 한다. 마지막으로 「서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례」에는 3차원 공간정보, 실내공간정보, 드론공간정보, 행정공간정보 등을 정의하고, 공간정보 협의체 구성을 통한 공간정보 표준화 수립, 데이터 품질관리, 데이터 공유 및 활용 개선 방안을 마련하여야 한다.



목차

01 연구개요	2
1_연구배경 및 목적	2
2_연구범위 및 방법	4
3_연구보고서의 구성 및 체계	6
02 사이버물리시스템의 개념과 국내외 사례	10
1_사이버물리시스템 개념	10
2_서울시 스마트도시 구축 수준과 사이버물리시스템과의 관계	20
3_국내외 사이버물리시스템 적용 사례와 시사점	28
03 서울시 사이버물리시스템 요구도 분석	48
1_사이버물리시스템과 관련있는 서울시 스마트도시 사업	48
2_서울시 사이버물리시스템 관련부서의 요구사항 분석	67
3_전문가 대상 사이버물리시스템 기술수요 분석	75
04 서울시 사이버물리시스템 구축방안	86
1_사이버물리시스템 구축방안	86
2_사이버물리시스템 활용방안	90
3_사이버물리시스템 운영방안	97
4_제도개선 방안	100
참고문헌	107
부록. 사이버물리시스템 전문가 설문조사지	109
Abstract	119

표 목차

[표 1-1] 연구의 내용적 범위	4
[표 1-2] 연구 방법	5
[표 1-3] 서울시 주요 스마트도시 구축 담당자 인터뷰	6
[표 2-1] 사이버물리시스템의 개념 및 내용	11
[표 2-2] 사이버물리시스템의 이점	12
[표 2-3] 사이버물리시스템과 디지털트윈 차이점	13
[표 2-4] 사이버물리시스템 구성요소	16
[표 2-5] 분야별 사이버물리시스템 활용 사례	16
[표 2-6] 스마트시티 지원 도시플랫폼 구성 요소	21
[표 2-7] 스마트시티 지원 도시플랫폼 구성 요소와 스마트시티 발전단계	22
[표 2-8] 스마트시티 서울 전략계획(2018)의 핵심가치 및 내용	24
[표 2-9] 분야별 스마트도시 정책 및 사업	25
[표 2-10] 서울시의 주요 스마트도시 사업	26
[표 2-11] 유해화학물질관리시스템의 데이터, 기술요건, 서비스	30
[표 2-12] 국토공간계획지원체계의 데이터, 기술요건, 서비스	31
[표 2-13] 전주시 스마트시티 구축을 위한 실험사업의 데이터, 기술요건, 서비스	34
[표 2-14] 전주시 스마트시티 구축을 위한 거버넌스 구성	35
[표 2-15] 전주시 스마트시티 단계별 거버넌스 구축(안)	36
[표 2-16] 세종시 스마트시티 국가시범도시의 데이터, 기술요건, 서비스	37
[표 2-17] 3D Virtual Singapore의 데이터, 기술요건, 서비스	39
[표 2-18] SmartAmerica Challenge 테스트베드 운영 및 도시 전체 적용 과정	42
[표 2-19] VU.CITY-LONDON의 시스템, 데이터, 업무 및 시민서비스	44

[표 3-1] 스마트도시정책관 과별 주요업무	48
[표 3-2] 스마트도시 구성요소와 서울시 관련 사업 및 내용	50
[표 3-3] 사이버물리시스템 관련 주요사업	51
[표 3-4] IoT 도시데이터 구축현황	51
[표 3-5] 서울시 센서 계측기 현황	52
[표 3-6] 서울시 IoT 도시데이터 수집 현황	53
[표 3-7] 자치구별 IoT 도시데이터 수집 현황	54
[표 3-8] IoT 도시데이터 관리시스템 구축 단계	56
[표 3-9] 시민 체감 사물인터넷 서비스	57
[표 3-10] GPS 위치정보를 이용한 실내·지하도 IoT서비스	58
[표 3-11] 연도별 공공데이터 개방	62
[표 3-12] 빅데이터 분석결과를 적용한 시각화 서비스 내용	62
[표 3-13] 3D 기반 Virtual Seoul 시스템 활용	65
[표 3-14] 3D 기반 버추얼 서울 플랫폼 활용 및 서비스 제공 계획	66
[표 3-15] 연도별 인공지능 기반 서비스 구축 현황	66
[표 3-16] 부서별 수요조사 내용	67
[표 3-17] 조사개요	75
[표 3-18] 사이버물리시스템 전문가 설문조사 내용	76
[표 3-19] 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준 세부항목	78
[표 4-1] 서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 기본방향	86
[표 4-2] 서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 기능	88
[표 4-3] 서울시 사이버물리시스템을 위한 데이터 구축	90
[표 4-4] 서울시 사이버물리시스템 구성요소	91
[표 4-5] 도시침수 예측 연계테이블 작성	92
[표 4-6] 시설물 관리 연계테이블 작성	93
[표 4-7] 소방관리 연계테이블 작성	95
[표 4-8] 건물에너지 관리 연계테이블 작성	96
[표 4-9] 서울시 사이버물리시스템 협의체 구성	99
[표 4-10] 사이버물리시스템 관련 서울시 조례 주요 내용	100
[표 4-11] 사이버물리시스템 관련 서울시 조례 주요 개선 사항	103

x

[표 4-12] 「서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례」 개선 사항	104
[표 4-13] 「서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례」 개선 사항	105
[표 4-14] 「서울특별시 사물인터넷도시 조성에 관한 조례」 개선 사항	106



그림 목차

[그림 1-1] 사이버물리시스템의 적용	3
[그림 1-2] 연구보고서의 구성 및 체계	7
[그림 2-1] 사이버물리시스템과 디지털트윈 관계	13
[그림 2-2] 현실공간과 가상공간을 연결하는 사이버물리시스템 및 구성요소	14
[그림 2-3] 제조분야에서 사이버물리시스템 적용	17
[그림 2-4] 항공분야에서 사이버물리시스템 적용	18
[그림 2-5] 의료분야에서 사이버물리시스템 적용	18
[그림 2-6] 교통분야에서 사이버물리시스템 적용	19
[그림 2-7] 에너지분야에서 사이버물리시스템 적용	20
[그림 2-8] 스마트시티 발전단계 및 구성요소	23
[그림 2-9] 스마트시티 서울 전략계획(2018)의 주요 내용	24
[그림 2-10] 스마트시티 구현을 위한 사이버물리시스템 적용	28
[그림 2-11] IoT 기반 위험물질 관리체계의 활용	29
[그림 2-12] IoT 기반 위험물질 관리체계 내 위험확산 예측분석	30
[그림 2-13] 국토공간계획지원체계(KOPSS) 활용 예시	32
[그림 2-14] 전주시 스마트시티 구축을 위한 실험사업 추진 단계 및 내용	33
[그림 2-15] 전주시 디지털허브 시스템 개념	34
[그림 2-16] 세종 5-1생활권 디지털트윈의 계층적 구조	38
[그림 2-17] Virtual Singapore의 구축 단계	39
[그림 2-18] Virtual Singapore 활용 예시	40
[그림 2-19] SmartAmerica Challenge 테스트베드 구조	41
[그림 2-20] VU.CITY-LONDON의 활용	44

[그림 3-1] 단계별 IoT 도시데이터 시스템 개발	55
[그림 3-2] IoT 도시데이터 시스템 개념도	56
[그림 3-3] 단계별 IoT 도시데이터 시스템 개발	57
[그림 3-4] 서울시 IoT 도시데이터 사업 진행 현황	58
[그림 3-5] 빅데이터 통합저장소 기반의 데이터 흐름	60
[그림 3-6] 공공데이터 통합 저장소 구축 과정	60
[그림 3-7] 민관 공동 빅데이터 플랫폼 서비스 제공 내용	61
[그림 3-8] 3D 기반 버추얼 서울(Virtual Seoul) 추진일정	63
[그림 3-9] 지하시설물 안전관리 통합정보 분석시스템	68
[그림 3-10] 실시간 소방시설관리시스템	70
[그림 3-11] 버추얼 서울과 실시간 소방시설관리시스템 시범사업	70
[그림 3-12] 하천 위기상황 통합모니터링 시스템	71
[그림 3-13] 서울시 에너지전환 플랫폼 개념	73
[그림 3-14] 서울시 에너지전환 플랫폼 시스템 확대운영	74
[그림 3-15] 사이버물리시스템 구성요소의 중요도	77
[그림 3-16] 사이버물리시스템 구현의 핵심기술 중요도	78
[그림 3-17] 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준의 중요도	79
[그림 3-18] 현 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 인프라 수준	79
[그림 3-19] 서울시 사이버물리시스템 분야별 활용 목적	81
[그림 3-20] 서울시 분야별 사이버물리시스템 구현가능성	82
[그림 3-21] 서울시 사이버물리시스템 구현·운영을 위한 지원 정책	83
[그림 4-1] 서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 구축 모형	87
[그림 4-2] 서울시 사이버물리시스템 운영을 위한 조직 개선방안	98
[그림 4-3] 서울시 사이버물리시스템 운영을 위한 협력체계 구축방안	99

01

연구개요



- 1_연구배경 및 목적
- 2_연구범위 및 방법
- 3_연구보고서의 구성 및 체계

01. 연구개요

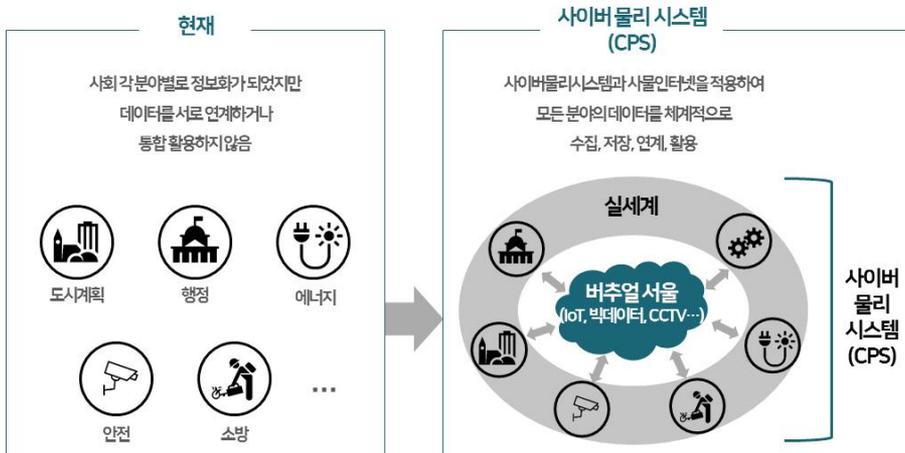
1_연구배경 및 목적

서울시는 2018년부터 스마트시티 서울 전략계획을 수립하고 도시계획, 교통, 안전, 환경, 경제 등 다양한 분야에서 도시문제를 해결하고 시민 삶의 질을 높이기 위한 스마트 사업을 추진해오고 있다.

이들 스마트시티 사업 추진을 보다 효율적으로 지원하기 위해서 스마트도시정책관에서는 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 3차원 공간정보 등 첨단기술 활용에 대한 시범사업들이 진행 중이다. 특히 공간정보담당관에서는 3차원 공간정보를 기반으로 가상세계 구현을 위한 버추얼 서울(Virtual Seoul) 구축사업을 진행 중에 있으며, 스마트도시담당관에서는 사물인터넷(IoT)을 통한 도시정보 구축사업을 진행하여 서울시 스마트 시티 사업의 성과를 높이고자 노력하고 있다.

분야별 스마트시티 사업은 서울시 국실에서 개별사업으로 진행되고 있으나, 상기의 3차원 공간정보 기반 버추얼 서울 구축사업과 사물인터넷(IoT)을 활용한 도시정보 구축사업 등과는 연계성이 부족하여 개별 국실에서 추진하고 있는 스마트시티 사업들에 대한 효율적인 지원을 수행하지 못하고 있다. 따라서 사업들에 대한 상호연계 및 활성화를 위한 정책적, 기술적 수단 개발의 필요성이 스마트도시정책관 차원에서 고려되고 있다.

최근 스마트시티 사업을 효율적으로 지원하고 앞서 제기한 문제점에 적극적으로 대처할 수 있는 사이버물리시스템의 구축이 주요 이슈로 나타나고 있다. 사이버물리시스템(Cyber Physical System)은 우리가 살아가는 현실세계와 가상세계와의 융합을 추구하는 새로운 패러다임으로 현실세계에서 작동하는 사물인터넷(IoT), CCTV, 각종 센서 등 다양한 도시정보와 3차원 공간정보를 기반으로 하는 가상세계를 실시간 연결하여 상호작용하는 양방향 시스템이다.



출처: 사공호상 외, 2017, 지능정보사회에 대응한 차세대 국가공간정보 전략 연구, 재작성

[그림 1-1] 사이버물리시스템의 적용

특히 공간정보담당관에서는 현재의 3차원 공간정보를 기반으로 하는 버추얼 서울을 사이버물리시스템으로 확장하여 서울시 전체 스마트사업의 공간정보플랫폼의 역할을 수행할 수 있는 전략 마련이 요구되고 있다.

이를 위해서는 분야별 스마트시티 사업과 IoT 도시데이터 시스템 구축사업과 버추얼 서울 구축사업 간의 상호연계 및 활성화가 필요하다. 즉 현실세계에서 작동하는 도시 데이터와 가상세계인 3D 공간정보를 실시간 연결하여 상호작용하는 양방향 시스템인 사이버물리시스템 구축을 검토할 필요가 있다.

따라서 이 연구에서는 서울시 스마트도시 지원을 위한 사이버물리시스템에 대한 개념, 역할, 구성 등을 정립하고, 스마트도시정책관에서 진행하고 있는 현재의 스마트도시 지원사업들에 대한 현황 및 문제점을 파악하고자 한다. 이를 통하여 서울시 사이버물리시스템 구축 및 운영에 있어 필요한 추진과제 및 활용방안을 모색하고자 한다. 또한 사이버물리시스템 구축 시 필요한 공간정보의 새로운 기능 및 역할을 검토하고자 한다.

2_연구범위 및 방법

1) 연구범위

연구의 내용적 범위는 사이버물리시스템 개념, 스마트도시 지원사업 현황 분석, 사이버물리시스템 구축방안, 사이버물리시스템 활용방안으로 구분된다.

사이버물리시스템 개념은 기존 문헌에서 정의된 내용과 적용 사례를 살펴보았다.

스마트도시 지원사업 현황 분석은 스마트도시정책관에서 수행하고 있는 사이버물리시스템 연관 주요 사업(3차원 공간정보, IoT, 빅데이터, 인공지능)에 대한 현황을 분석하였다. 대표적으로는 공간정보담당관실에서 추진 중인 3차원 공간정보기반 벚추얼 서울과 스마트도시담당관에서 추진 중인 사물인터넷(IoT) 활용 도시정보 구축사업이 해당된다. 사이버물리시스템 구축방안에서는 사이버물리시스템 구축을 위한 모형, 데이터, 운영, 제도 개선 방안 등을 제시하였다.

사이버물리시스템의 활용방안에서는 안전총괄실, 소방재난본부, 물순환안전국, 기후환경본부에서 추진하고 있는 주요 사업에 대한 사이버물리시스템 적용 가능성을 살펴보았다.

[표 1-1] 연구의 내용적 범위

분야	내용
사이버물리시스템 개념	이론 및 적용 사례
스마트도시 지원사업 분석	3차원 공간정보, 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능
사이버물리시스템 구축방안	사이버물리시스템 구축을 위한 모형, 데이터, 운영, 제도
사이버물리시스템 활용분야	시설물 안전관리, 풍수해 관리, 화재 예방, 건물에너지 관리

2) 연구방법

연구는 크게 문헌조사, 사이버물리시스템 기술현황 검토, 업무조사 및 분석, 자문회의 등으로 진행하였다.

[표 1-2] 연구 방법

구분	내용	
문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> - 사이버물리시스템에 대한 개념, 필요성 등에 대한 이론적 내용 - 국내외 사이버물리시스템 적용 현황 및 사례 	<ul style="list-style-type: none"> - 서울시 스마트시티 추진계획에 따른 사이버물리시스템 필요성 - 사이버물리시스템 디지털트윈 등에 대한 개념 및 관련 이론 - 서울시 스마트시티 지원 사업 현황(도시정보데이터 구축사업, 버추얼 서울 구축사업 등) - 국내, 외 사이버물리시스템 적용 사례(도시 적용 사례)
업무조사 및 인터뷰	<ul style="list-style-type: none"> - 분야별 사이버물리시스템 적용(활용) 방안 	<ul style="list-style-type: none"> - 시설물 안전관리, 하천관리, 화재 예방, 건물에너지 관리 분야 스마트 서비스 현황, 요구사항, 활용방안
자문 및 설문	<ul style="list-style-type: none"> - 사이버물리시스템 구축 및 활용 개선 방안 - 사이버물리시스템 기술 현황 및 수요 	<ul style="list-style-type: none"> - 사이버물리시스템 구축, 운영 등 개선방향 제시 - 사이버물리시스템 구성 및 구축방향 - 공간정보, IoT, 빅데이터, AI 등 기술 수요 조사

문헌조사에서는 사이버물리시스템에 대한 개념, 필요성 등에 대한 이론적 내용과 국내외 사이버물리시스템 적용 현황 및 사례를 검토하였다. 최근 추세는 사이버물리시스템 구축 사례가 디지털트윈으로 구현되는 경우가 많아 디지털트윈 구축 사례를 통한 시사점을 도출하였다.

업무조사 및 인터뷰에서는 스마트도시정책과에서 수행하고 있는 주요 사업들에 대한 담당자 인터뷰를 통하여 현황 및 개선사항을 도출하였다. 또한 향후 사이버물리시스템 구축 시 주요 활용부서로 예상되는 안전총괄실, 물순환안전국, 소방재난본부, 기후환경본부를 중심으로 활용 시 필요한 요구사항을 도출하였다.

사이버물리시스템 기술현황 및 서울시 적용 가능성 검토에서는 전문가 설문조사를 통하여 사이버물리시스템을 구성하는 요소 및 기술수준, 서울시 사이버물리시스템 구축 시 필요한 내용 및 방향, 공간정보, IoT, 빅데이터 등 기술수요, 사이버물리시스템 운영 및 제도개선 사항을 도출하였다. 이외에 자문회의에서는 사이버물리시스템에 대한 최근 기술동향, 사이버물리시스템 활용 및 운영 개선사항, 사이버물리시스템 구축에 대한 추진과제를 도출하였다.

[표 1-3] 서울시 주요 스마트도시 구축 담당자 인터뷰

인터뷰대상		주요 사업	인터뷰 내용
스마트도시 시정 책관	공간정보담당관	버추얼 서울 구축사업	공간정보 구축방향과의 정합성 방안
	스마트도시 담당관	도시정보(IoT) 데이터 구축사업	도시정보(IoT) 데이터 구축 사업 현황 및 활용방안
국실 별	안전총괄실	시설 안전관리	국실에서 진행하고 있는 스마트시티 추진사업 현황, 요구사항, 활용방안
	물순환안전국	하천관리	
	소방재난본부	화재 예방 관리	
	기후환경본부	건물에너지 관리	

3_연구보고서의 구성 및 체계

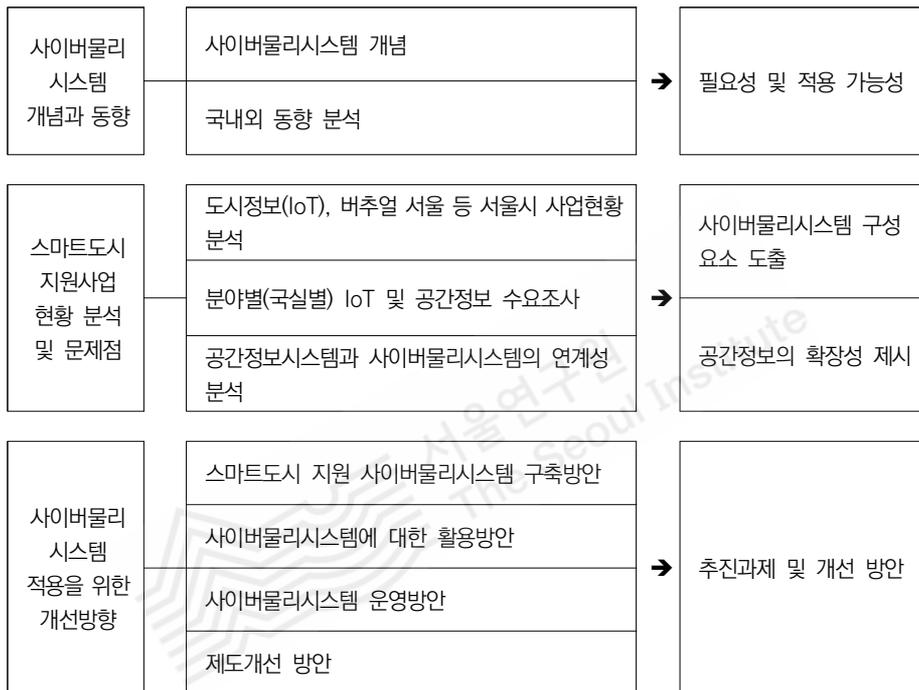
연구보고서는 사이버물리시스템의 개념과 동향, 스마트도시 지원사업의 현황 및 문제점 분석, 스마트도시 지원을 위한 사이버물리시스템 적용 개선안으로 구성되어 있다 [그림 1-2].

사이버물리시스템의 개념과 동향에서는 사이버물리시스템의 개념을 살펴보고 현재 국내외적으로 적용된 사례들을 통하여 시사점을 파악하였다. 스마트도시 지원사업의 현황 및 문제점 분석에서는 사물인터넷(IoT), 버추얼 서울(3차원 공간정보) 등 서울시에서 추진하고 있는 주요 스마트도시 지원사업들을 파악하였다. 이외에 서울시 국실에서 추진하고 있는 분야별 IoT 및 공간정보 수요조사를 통하여 기술적, 행정적 개선사항을 살펴보고 특히 사이버물리시스템이 수행하여야 할 역할, 기능 등의 요구사항을 분석하였다.

사이버물리시스템 적용 개선에서는 사이버물리시스템의 구축방안, 분야별 활용방안, 운영 방안, 제도개선 방안 등을 도출하였다. 사이버물리시스템 구축방안에서는 스마트도시정책관에서 추진하고 있는 주요 사업과 개별 국실에서 추진하고 있는 사업을 연계하기 위한 기술적, 정책적 필요사항을 제안하였다. 이를 위하여 서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 구축 모형과 3차원 공간정보 데이터의 구축 개선방안을 제시하였다.

분야별 활용방안에서는 사이버물리시스템 개념을 적용하기 위한 사이버물리시스템의 연계테이블을 작성하고 이를 통하여 분야별 적용 가능성을 살펴보았다.

운영방안에서는 스마트도시 지원 사이버물리시스템의 운영을 위한 조직과 협력체계 구성에 관한 내용을 제시하였다. 마지막으로 제도개선 방안에서는 서울시 조례를 중심으로 스마트도시, 공간정보, 사물인터넷 등 사이버물리시스템 구성요소와 관련된 내용을 중심으로 제도개선 방안을 제시하였다.



[그림 1-2] 연구보고서의 구성 및 체계

02

사이버물리시스템의 개념과 국내외 사례



- 1_사이버물리시스템 개념
- 2_서울시 스마트도시 구축 수준과 사이버물리시스템과의 관계
- 3_국내외 사이버물리시스템 적용 사례와 시사점

02. 사이버물리시스템의 개념과 국내외 사례

1_사이버물리시스템 개념

1) 개념

사이버물리시스템은 2007년 미국의 국립과학재단(National Science Foundation: NSF)에서 처음 사용되기 시작한 것으로 우리가 살아가는 현실세계와 사이버세계와의 융합을 추구하면서, 기존 제어시스템들과 비교하여 규모와 복잡도가 매우 크고 물리 세계와 밀접하게 상호작용하는 양방향성 시스템이다(손상혁, 2016).

기능적으로는 연산(Computation), 통신(Communication), 제어(Control)가 융합된 복합 시스템으로 실시간성, 지능화, 적응성 및 예측성, 연결성 등이 특징(DACO intelligence, 2020)이다. 특히 사물인터넷(IoT)으로 구축된 환경에서 가상공간의 컴퓨터가 네트워크를 통해서 실제 물리시스템을 제어하는 기술로, 새로운 패러다임을 제시하고 다양한 연구 분야들의 융합을 위한 토대를 제공한다.

사이버물리시스템을 통하여 실시간 데이터 수집 및 분석을 통한 현실세계에 대한 심도 있는 이해가 가능하며 신속한 반응성에 기반한 안전성 향상과 최적 알고리즘을 통해 시스템 스스로가 제어하는 자율성 확보가 가능하다.

기술적으로는 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터 등의 기술에 힘입어 서로 연계되어 물리적 프로세스에 피드백 되는 시스템이다. 사물인터넷 기술의 발전으로 인해 원하는 현실세계의 데이터를 빠르고 다양하면서도 정밀하게 수집할 수 있게 되었다. 또한, 이렇게 수집된 빅데이터는 최근 급속도로 발전하고 있는 AI 기술인 인공지능망(ANN, Artificial Neural Network) 알고리즘을 활용한 딥러닝(Deep Learning)을 통해 현실세계를 더욱 정확하게 이해하는 데 활용되어, 결과적으로 현실과 사이버세계의 직접연결을 확대하여 사이버물리시스템 발전을 촉진한다.

이와 같이 사이버물리시스템에서는 현실세계의 물리적 자산에 부착된 센서 등을 통해서 생산된 데이터가 가상환경으로 들어오게 되며, 여기에서 분석, 시뮬레이션, 예측 등의 과정을 거쳐 상태를 진단하거나 문제의 해결방안을 모색한다. 가상환경에서 분석한 결과를 현실세계에 반영하여 상태를 최적화하거나 문제를 해결한다.

따라서 사이버물리시스템의 적용이 모니터링, 분석, 시뮬레이션을 통한 문제해결 및 최적화를 수행하고 현실세계의 물리시스템을 제어하기 때문에 스마트도시 운영을 지원하는 데 매우 필수적인 요인이 된다.

[표 2-1] 사이버물리시스템의 개념 및 내용

구분	내용
정의	사이버물리시스템은 우리가 살아가는 현실세계와 사이버세계와의 융합을 추구하면서, 기존의 단순 제어시스템들과 비교하여 규모 및 복잡도가 매우 크고 현실세계와 밀접하게 상호작용하는 양방향성 시스템
기능	사물인터넷으로 구축된 환경에서 가상공간의 컴퓨터가 네트워크를 통해서 실제 물리 시스템을 제어하는 기술로, 새로운 패러다임을 제시하고 다양한 연구 분야들의 융합을 위한 토대를 제공
기술	물리적 환경과 컴퓨터상에 존재하는 사이버 환경이 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터 등의 기술에 힘입어 서로 연계되어 물리적 프로세스에 피드백되는 시스템
적용	스스로 인지하고 반응하는 자율성을 기반으로 모니터링, 분석, 시뮬레이션을 통해 문제해결 및 최적화 가능

출처: 사공호상, 2017, 지능정보사외에 대응한 차세대 국가공간정보 전략 연구 재구성

사이버물리시스템을 통해 수치화된 방대한 데이터 수집 및 분석으로 현실세계에 대해 보다 깊게 이해할 수 있으며, 이에 각 분야별 운용의 효율성을 향상시키고, 보다 나은 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 사이버물리시스템은 현실세계와 상호 연계할 뿐만 아니라 새로운 애플리케이션이나 서비스 제공자 출현을 촉발하고, 데이터를 활용한 새로운 가치사슬(Value Chain)을 창출하여, 궁극적으로 새로운 비즈니스나 시장모델을 지속 발전시키는 선순환을 만들어낼 것으로 전망된다. 향후 사물인터넷 및 인공지능의 기술 발전으로 스마트도시와 사이버물리시스템의 발전은 더욱 가속화될 전망이다(박철홍·최명호, 2017).

사이버물리시스템의 가치는 현실세계를 가능한 정밀하게 분석하여 현실세계에 대한 이해를 높이고 이를 바탕으로 시스템을 자율적 운영단계까지 향상하며, 사전 예측·모

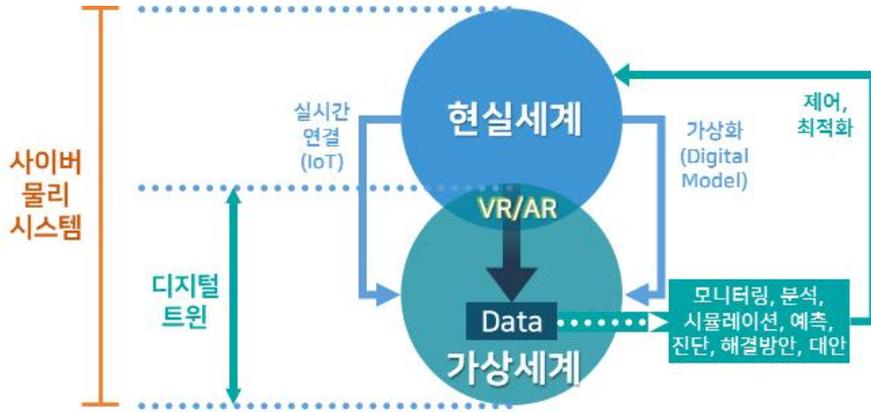
텔링을 통해 분석한 결과를 피드백하고 위험 요소를 사전에 인식하여 안전성을 향상하는 데에 있다[표 2-2].

[표 2-2] 사이버물리시스템의 이점

구분	내용
정밀도 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 사이버물리시스템을 통해 현실 세계에 관한 더 많은 정보를 적시에 제공받아 현실 세계의 이해를 증진 - IoT 센서를 통해 현실 세계에 대한 인지, 분석, 계산하여 정보를 제공 - 분석된 데이터를 통해 인간은 현실 세계를 더욱 명확히 이해
자율성 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 사이버물리시스템은 기존의 자동제어 시스템을 포괄하는 개념으로 시스템에 자율성을 부여 - 현실 세계를 직접 인지하고 이를 바탕으로 스스로 반응할 수 있는 자율성 제공 - 시스템 자율성을 통해 인간에게 주어진 업무 부담을 경감
안정성 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 사이버물리시스템은 센싱을 통해 인지한 데이터를 피드백하여 안전성을 향상 - 현실 세계와 밀접하게 융합된 시스템을 통하여 현실 세계를 정확하게 분석 - 위험요소를 정확히 인지/분석하고 빠르게 반응하여 안전성을 제고

출처: 한국정보과학회(2013)

최근에는 사이버물리시스템과 디지털트윈을 혼용하여 사용하는 경우가 있다. 일반적으로 현실세계를 가상화한 가상공간을 디지털트윈이라고 하고, 현실세계와 가상세계를 연계한 시스템을 사이버물리시스템이라고 하여 디지털트윈보다는 훨씬 큰 개념이지만 최근에는 디지털트윈과 혼용하여 사용하기도 한다(사공호상, 2018). 디지털트윈은 물리적 자산이나 객체와 소프트웨어를 서로 연계 또는 융합하는 면에서 같은 맥락이라고 볼 수 있다. 하지만 적용하는 분야나 목적에는 다소 차이가 있다.



출처: LX통합국토정보 디지털허브 시범구축 운영 제안설명회 발표자료 재구성

[그림 2-1] 사이버물리시스템과 디지털트윈 관계

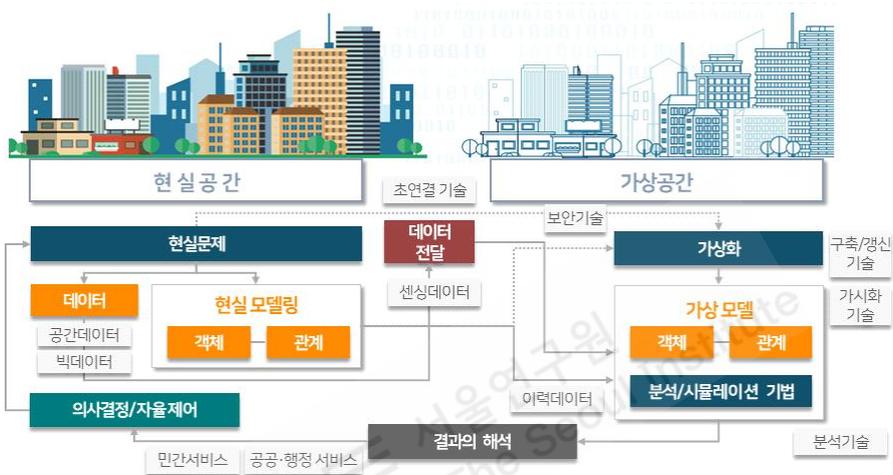
[표 2-3] 사이버물리시스템과 디지털트윈 차이점

구분	내용
사이버물리시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 실제 공간에 존재하는 물리적 환경과 컴퓨터상에 존재하는 사이버 환경이 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터 등의 기술발달에 힘입어 서로 연계되고 상호 작용하는 다이나믹한 시스템 - 사이버물리시스템은 정보를 활용하여 물리적 환경에 대한 이해를 높여주고, 스스로 인지하고 반응하는 자율성을 기반으로 모니터링, 분석, 시뮬레이션을 통해 문제해결 및 최적화 가능 - 물리적 세계와 사이버 세계의 융합을 추구하는 새로운 패러다임으로 생산성 향상은 물론 교통, 안전, 환경, 재난재해 등 사회의 각 부문에 적용하여 인간의 삶의 변화를 일으킬 수 있는 혁신적 기술
디지털트윈	<ul style="list-style-type: none"> - 디지털트윈은 물리적 자산이나 프로세스를 디지털로 복제(Modeling)한 것으로, 물리적 자산으로부터 생산되는 데이터와 상시 연계되어 있는 살아 있는 시스템 - 항공기 엔진이나 발전소, 플랜트, 빌딩 등 복잡한 시설이나 장치를 효과적으로 모니터링하거나 생산성을 향상하는 데 활용되고 있으나, 최근 스마트시티의 플랫폼으로 각광(세종시와 ETRI 협동 추진예정)

출처: 4차 산업혁명을 견인하는 '디지털트윈 공간(DTS)' 구축 전략, 2018, 사공호상

2) 사이버물리시스템의 구성요소

사이버물리시스템은 기본적으로 현실세계에서 일어나는 현상이 가상세계와 연동되어야 하기 때문에 현실세계, 데이터 전달, 가상세계가 구현되어야 한다. 현실세계를 구현하기 위해서는 현실문제, 현실데이터, 현실모델링이 수반되어야 한다. 그리고 현실세계의 정보를 가상세계로 전달하는 데이터 전달, 마지막으로 가상세계를 구현하기 위한 가상모델(가상화), 가상세계에서 분석을 통한 의사결정, 다시 현실세계에서의 자율제어 7가지로 구성된다.



출처: (상위 그림) LNS Research (www.lnsresearch.com)
(하위 도표) 임시영 외, 2017, 4차 산업혁명에 대응하는 현실국토와 가상국토의 연계·활용 전략 재작성

[그림 2-2] 현실공간과 가상공간을 연결하는 사이버물리시스템 및 구성요소

현실문제는 현실공간에서 발생하는 문제로 사이버물리시스템을 통해 해결이 가능하여야 하며, 문제를 발생시키는 원인, 요인과 해결하려는 목적, 의지가 명확해야 한다. 현실데이터는 현실문제와 직간접적으로 관련된 데이터로 공간데이터, 센싱데이터, 빅데이터 등이 있다. 공간데이터는 객체 기반의 3차원 데이터로 기 구축 데이터를 최대한 활용할 수 있으며, 최근에는 사용자 참여형으로 데이터를 구축 및 갱신하여 데이터의 최신성을 확보한다. 센싱데이터는 센서를 활용하여 수집된 데이터로 온도, 빛, 색, 압력, 속도 등 다양하며, 이는 IoT를 통해 통신으로 연결하여 정보를 수집하고 공유할 수 있다. 이러한 센싱데이터를 구축하기 위해서는 실시간 센싱데이터의 수집·관리 방안, 이중 센싱데이터 통합 방안, 센싱데이터의 무결성 보장 방안 등의 마련이 필요

하다. 빅데이터는 실시간으로 수집되는 방대한 양의 데이터로, 이를 구축하고 활용하기 위해서는 빅데이터의 공간데이터화, 빅데이터 분류체계 마련, DB연계 등을 통한 빅데이터 확보 등이 필요하다.

현실모델링은 현실문제를 해결하기 위해 현실 공간에 존재하는 현실문제와 관련된 객체와 이와 관련된 객체 간의 관계 또는 현실문제 해결과 관련된 객체인 인프라, 시설물, 사용자 등을 정의하고 모델링하는 것이다.

데이터 전달은 현실공간에서 수집한 데이터를 가상공간인 사이버물리시스템으로 전달하는 것으로 이를 위해서는 초연결 기술과 보안 기술이 필요하다. 초연결 기술이란 데이터와 가상객체를 연결하는 기술로 Geo-IoT 관련기술과 유관분야 데이터와 연계 및 융합하는 기술 등이 마련되어야 한다. 보안 기술은 개인정보, 국가정보 등이 포함된 데이터의 유출과 데이터의 변형을 방지하기 위해 필요한 기술로, 데이터에 대한 암호화 기술, 데이터 보안 및 사이버보안 기술이 필요하다.

가상모델(가상화)은 현실문제의 분석 및 시뮬레이션을 위해 현실공간을 가상공간에 표출하는 것으로, 가상모델을 구축하기 위해서는 구축/갱신 기술과 가시화 기술이 필요하다. 데이터 구축/갱신 기술에는 데이터 정밀도 제고기술, 기존 데이터 통합기술, 자동 인식 및 인공지능 기술, 실시간 갱신기술 등이 필요하다. 가시화 기술은 사이버물리시스템 내 가시화뿐만 아니라 다양한 기기와 AR/VR에 적용이 가능하여야 하며, 빠른 영상처리기술과 같은 데이터의 압축, 검색, 운용 기술 등이 필요하다.

또한 가상공간 내 가상모델에서 현실문제를 해결하기 위해 분석 기술을 적용하며, 분석 기술에는 3차원 환경에 적합한 분석 기술, 알고리즘 중심 분석 기술, 빅데이터 분석 및 AI 활용 등의 선도적 기술, 다이내믹(Dynamic)한 시공간 분석 기술 등이 필요하다. 이 때, 실시간, 3D 공간 내 유동적 데이터의 이력을 관리할 수 있어야 하며, 이러한 이력데이터는 객체별로 관리되어야 한다.

의사결정은 가상모델에서 수행한 분석 및 시뮬레이션 결과를 해석하여 현상을 파악하거나, 예측하여 문제를 해결하는 것으로, 의사결정을 기반으로 공공 및 행정 서비스, 민간 서비스를 제공한다. 사이버물리시스템은 업무동향, 데이터 공유, 협업, 스마트 시티를 위한 플랫폼으로 활용할 수 있으며, 중앙부처 간, 중앙부처와 지자체 간 합의에 의한 역할분담 등의 거버넌스를 구축함으로써 공공 및 행정에 활용할 수 있다. 또한 사용자 개방정책, 민간 기업 및 시민 참여, 사용자 피드백 체계, 민간자본 활용 및 민간 참여 유도를 위한 인센티브 제공 등 민간 서비스 제공이 가능하다.

자율제어는 분석을 통한 의사결정 사항을 현실세계에 적용하고, 공공 및 행정 서비스와 민간 서비스를 자율적으로 적용하여 도시를 운영할 수 있게 하는 것이다.

[표 2-4] 사이버물리시스템 구성요소

구성요소	내용
현실문제	현실공간에서 발생할 수 있는 다양한 문제 중 사이버물리시스템을 통해 해결이 가능한 문제 정의
현실데이터	현실문제와 직간접적으로 관련된 데이터
현실모델링	현실문제를 해결하기 위한 현실 공간에 존재하는 객체와 객체 간의 관계를 정의하고 모델링
데이터 전달	현실공간의 데이터를 가상공간으로 전달
가상모델(가상화)	현실문제의 분석 및 시뮬레이션을 위해 현실공간을 가상공간에 표출
의사결정	가상모델에서 분석 및 시뮬레이션 결과를 통해 현상을 파악하거나, 예측하여 문제해결을 위한 의사결정
자율제어	현실세계 적용

자료: 사공호상, 2017, 4차 산업혁명에 대응하는 현실국토와 가상국토의 연계·활용전략 재구성

3) 활용

(1) 분야별 사이버물리시스템 활용

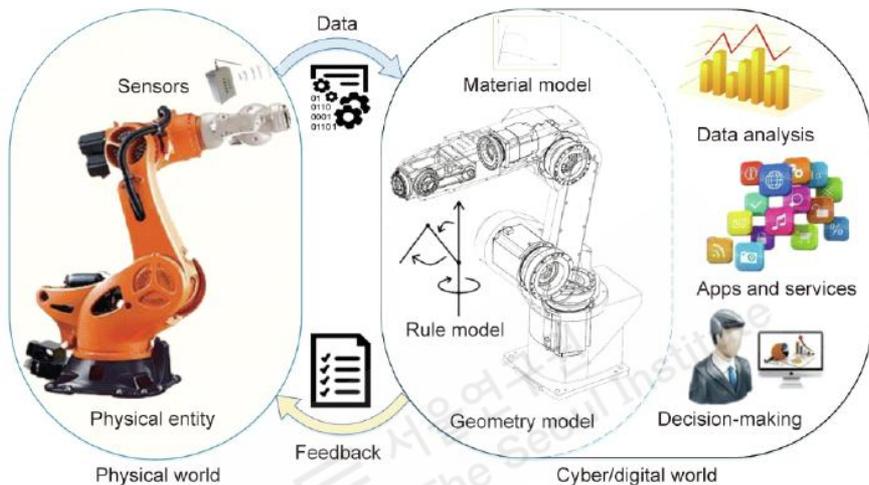
사이버물리시스템은 현실세계의 정보를 실시간으로 수집 및 분석하여 이를 다시 현실세계에 반영하는 것으로 제조, 항공, 의료, 교통, 에너지 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 도시차원에서의 사이버물리시스템 적용 사례는 아직까지는 제한적이다.

[표 2-5] 분야별 사이버물리시스템 활용 사례

구분	내용
제조	- 산업 기계, 제조 공급망, 공급 업체, 비즈니스 시스템 및 고객 간에 실시간 정보를 공유하여 프로세스 개선 - 전체 생산 프로세스를 자체 모니터링하고 제어한 다음 고객의 선호도를 충족하도록 생산을 조정함으로써 이러한 프로세스를 개선
항공	- 항공기 위치 추적, 항공기 상태 및 운행 관리
의료	- 장애인 및 노인 환자의 치료를 개선하기 위해 환자의 신체 상태를 실시간 및 원격 모니터링 - 뇌-기계 인터페이스 및 치료 로봇 공학의 지원을 통해 인간의 기능을 더 잘 이해하기 위해 신경 과학 분야의 연구에 사용
교통	- 개별 차량과 인프라는 교통, 위치 또는 문제에 대한 정보를 실시간 공유하여 서로 통신할 수 있어 사고 또는 혼잡을 예방하고 안전을 개선하며 궁극적으로 비용과 시간을 절약
에너지	- 스마트 그리드는 센서 및 기타 장치가 그리드를 모니터링하여 더 나은 신뢰성을 제공하고 에너지 효율성을 개선

① 제조

제조 분야에서 사이버물리시스템은 사이버 물리 생산시스템(CPPS; Cyber Physical Production System)으로 적용되어 내부적으로 생산 프로세스부터 공급 및 배송까지 전 과정을 관리할 수 있다. 산업기계, 제조 공급망, 공급 업체, 비즈니스 시스템 등을 모델링하고, 발생 가능한 사건을 예측하고, 고객 간 실시간 정보를 공유하여 제조 공정을 최적화하여 효율성을 향상시킨다.



출처: Fei Tao et al. Digital Twins and Cyber-Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison, Engineering 5 (2019) 653-661

[그림 2-3] 제조분야에서 사이버물리시스템 적용

② 항공

항공 분야에서는 항공기, 공항, 항로를 사이버물리시스템으로 구축하여 항공기의 위치, 속도 등 정보에 대한 신호 전송의 업데이트 시간과 실제 전송에 걸리는 시간을 클라우드 컴퓨팅을 통해 줄이는 데 활용한다.

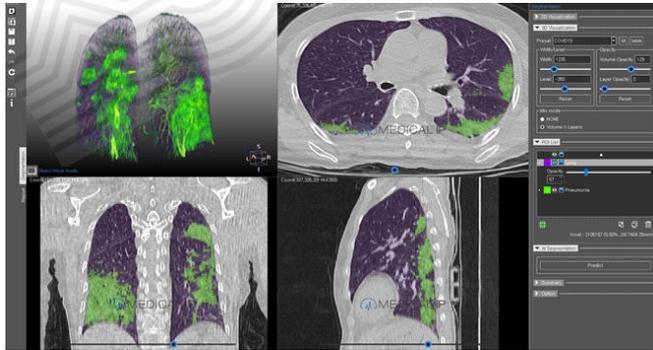


출처: 임영현, 공장에서 도시까지 디지털로 복제하는 디지털트윈, 2017, 공간정보 웹메거진

[그림 2-4] 항공분야에서 사이버물리시스템 적용

③ 의료

의료 분야에서는 장애인 및 노인 환자의 치료를 개선하기 위해 환자의 신체 상태를 실시간 및 원격으로 모니터링하는 데 활용된다. CPS(글로벌센터)¹⁾에서는 모션 센서를 활용하여 독거 노인, 치매 환자의 위험행동을 예측하고, 위험 발생 시 주변 센서와 통신하여 위험상황을 전파하고 사전에 대비할 수 있도록 하였다. 또한 기계학습 알고리즘과 추론 시스템을 개발하여 기 수집한 모션 데이터를 이에 적용하여 보다 정확한 상황 판단이 가능하도록 하였다.



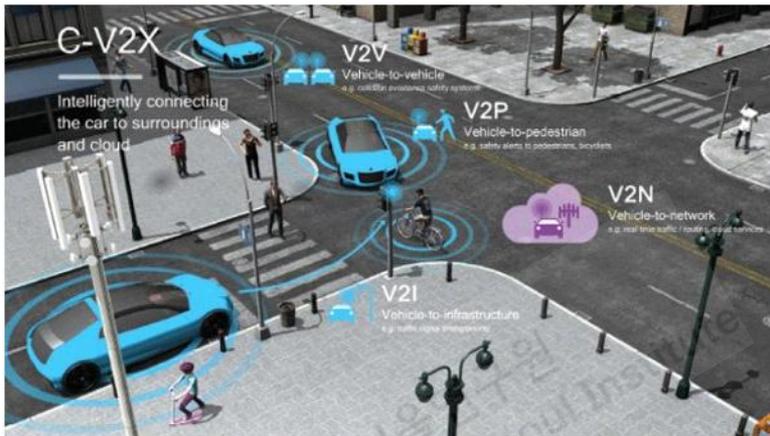
출처: 서재창, 메디컬이피 AI 폐렴 분석 SW 식약처 의료기기 3등급 허가 획득해, 헬로티, 2020.10.27.(http://www.hellot.net/new_hellot/magazine/magazine_read.html?code=201&sub=004&idx=54775)

[그림 2-5] 의료분야에서 사이버물리시스템 적용

1) CPS글로벌센터는 2012년에 DGIST(대구경북과학기술연구원) 내 설립된 연구기관으로 사이버물리시스템의 기초 연구 및 응용기술 개발 등 연구 수행

④ 교통

교통 분야에서 사이버물리시스템 기술을 활용한 것은 대표적으로 지능형 교통 시스템(ITS; Intelligent Transportation System)이 있다. 이는 차량과 차량, 차량과 도로 인프라 사이에 센서를 활용하여 실시간으로 교통상황 및 교통량 등을 수집하여 실시간으로 공유하고 통신할 수 있다. 이를 통해 사고 또는 혼잡을 예방하고 안전을 개선하며, 최적 운행경로를 안내해 궁극적으로 비용과 시간을 절약할 수 있으며, 나아가 자율주행이 가능하도록 한다.

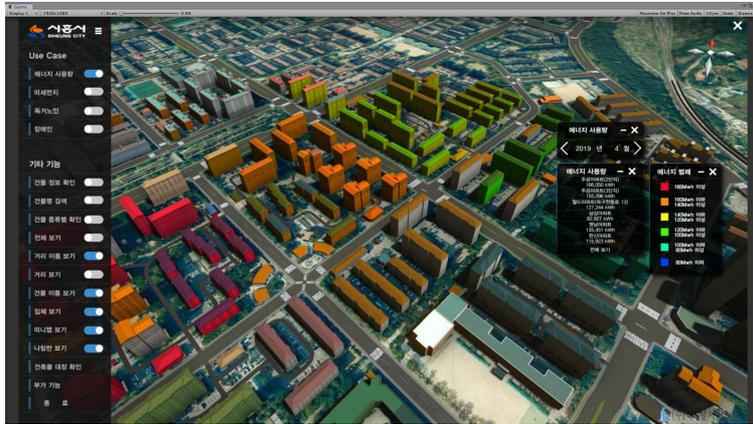


출처: Qualcomm(2020)

[그림 2-6] 교통분야에서 사이버물리시스템 적용

⑤ 에너지

에너지 분야에서 사이버물리시스템을 적용하여 에너지 관리 및 제어를 할 수 있는 스마트 그리드로 활용된다. 스마트 그리드는 센서 및 기타 장치를 통해 에너지 사용량을 실시간으로 확인하여 에너지 사용에 보다 나은 신뢰성을 제공한다. 또한 제어시스템을 통해 비효율적 에너지 사용과 에너지 손실에 대한 조정을 가능하게 하여 에너지 효율성을 개선한다. 이를 통해 에너지 전달망 운영과 에너지 전달 비용의 감소, 에너지 분배에 따른 손실 감소, 환경의 지속가능성 증대 등의 효과가 발생한다(임시영 외, 2017).



출처: 최형주, cctv뉴스, 스마트빌딩의 도시 에너지 효율화를 위한 3차원 객체 모델링 활용방안, 2020.02.13. (<https://www.cctvnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=160259>)

[그림 2-7] 에너지분야에서 사이버물리시스템 적용

2_서울시 스마트도시 구축 수준과 사이버물리시스템과의 관계

1) 스마트시티 구성요소 및 발전 단계

스마트시티²⁾는 1990년대 중반 ‘디지털시티’ 개념으로 처음 시작되었으며, 2003년 한국의 ‘u-City’를 통해 기술주도형 스마트시티의 개념으로 전환되어, 2012년 플랫폼, 데이터 분석 등의 기술발전을 통해 현재의 스마트시티로 발전되었다(황종성, 2016).

스마트도시는 정보통신기술을 활용하여 다양한 도시문제를 해결하고 도시 경쟁력 및 시민 삶의 질을 향상시키는 동시에 도시의 지속가능성을 추구하는 도시 개념으로 통용되고 있다. 4차 산업혁명으로 대변되는 정보통신 기술의 혁신적인 발전에 따라 스마트도시는 4차 산업혁명의 핵심 기술 및 산업의 체계적인 육성을 위한 플랫폼의 역할을 할 것으로 기대된다.

스마트시티의 일반적 개념은 물리적 도시 시설물이 IoT 등 ICT 기술과 접목되어 효

2) 이 연구에서 ‘스마트도시’라는 용어를 기본으로 사용하되, 인용 문구에서는 참고문헌에 표기한 용어를 기준으로 작성

올적 도시서비스를 제공할 수 있는 상태를 의미한다(한국정보기술통신협회, 2018). 스마트시티는 목적과 수단에 따라 의미가 달라지나 최근에는 도시구조 자체를 플랫폼 기능으로 보는 개념 정의가 증가하기 시작하였으며, 이에 스마트시티의 구조를 인프라, 데이터, 서비스로 구분하였다(황중성, 2016).

인프라는 스마트시티 서비스 제공에 필요한 다양한 도시정보를 측정하고 전송하는 기술로 도시인프라, ICT인프라, 공간정보인프라로 세분화할 수 있으며, 이에 필요한 기술은 유무선망, 센서망 등 통신인프라, GIS/LBS 등 공간정보기반 인프라 기술 등이 있다. 데이터는 수집된 정보를 서비스 목적에 맞게 활용하기 위해 최적의 형태로 변경 또는 처리하는 기술로 IoT, 데이터 공유로 세분화할 수 있으며, 이에 필요한 기술로는 IoT, 빅데이터, 3차원 공간정보 등 데이터 기반 도시 운영 기술이 있다. 서비스는 인프라와 데이터를 기반으로 가공된 정보를 시민, 공공기관 등에서 활용할 수 있도록 제공하는 기술로 최근에는 다양한 융복합 서비스를 제공하고 있다.

이 외 스마트시티 플랫폼 구축을 위해 필요한 공통기술로는 지속가능한 스마트시티 정의, 운영모델, 실행지침, 참조구조와 스마트시티에서 제공하는 서비스와 삶의 질에 대한 성숙도 수준 및 평가지표, 스마트시티 통합 관제 및 상호운용 가능한 플랫폼의 구조와 데이터 및 정보모델이 있다.

[표 2-6] 스마트시티 지원 도시플랫폼 구성 요소

구분		설명	기술
인프라	도시인프라	스마트시티 서비스 제공에 필요한 다양한 도시정보를 측정하고 전송하는 기술	유무선망, 센서망 등 통신인프라, GIS/LBS 등 공간정보기반 인프라 기술
	ICT인프라		
	공간정보인프라		
데이터	IoT	수집된 정보를 서비스 목적에 맞게 활용하기 위해 최적의 형태로 변경 또는 처리하는 기술	IoT, 빅데이터, 3차원 공간정보 등 데이터 기반 도시 운영 기술
	데이터공유		
서비스	알고리즘&서비스	가공된 정보를 시민, 공공기관, 서비스 이용자 등이 활용할 수 있도록 제공하는 기술	환경, 안전, 행정, 복지 등 사용자의 체감을 위한 융복합 서비스 기술
	도시혁신		
공통기술		<ul style="list-style-type: none"> - 지속가능한 스마트시티 정의, 운영모델, 실행지침, 참조구조 - 스마트시티에서 제공하는 서비스와 삶의 질에 대한 성숙도 수준 및 평가지표 - 스마트시티 통합관제 및 상호운용 가능한 플랫폼의 구조, 데이터 및 정보모델 	

출처: 한국정보통신기술협회, 2018, 4차 산업혁명 핵심 융합사례 스마트시티 개념과 표준화 현황, 표준화 이슈 2018-1호 재구성

스마트시티를 구성하는 요소인 인프라, 데이터, 서비스에 따라 스마트시티의 발전단계는 기반 구축 단계, 수직적 구축 단계, 수평적 구축 단계, 도시플랫폼 단계, 미래도시단계인 5단계로 구분할 수 있다[표 2-7].

먼저 기반 구축 단계에는 스마트시티를 구축하는 데 필요한 유무선 정보통신 인프라를 구축과 사이버공간을 구성하는 데 필요한 2차원, 3차원의 다양한 공간정보 구축 등이 해당한다. 수직적 구축 단계는 도시데이터를 구축하는 단계로 IoT를 통해 도시 내 분야 및 서비스별 각종 데이터를 구축하고, 연계 통합한다.

수평적 구축 단계에서는 이전 단계에서 구축한 도시데이터를 공유하는 것으로, 관련 기능 및 업무 간 데이터 공유를 위해 플랫폼을 구축하고 이를 도시 운영에 활용하는 것이다. 도시플랫폼 단계에서는 데이터를 분석 및 활용하고 이에 따른 도시서비스를 제공하는 단계로 분야별 데이터와 플랫폼이 합쳐져 도시가 하나의 플랫폼으로써 인공지능 등 데이터를 처리 분석하는 알고리즘을 바탕으로 도시문제 해결 및 다양한 서비스를 제공하는 스마트시티로 완성되는 단계다. 특히 도시가 하나의 플랫폼이 된다는 것은 새로운 기능과 서비스를 자유롭게 추가할 수 있다는 것을 의미하며, 무한한 혁신 잠재력을 보유하고 있음을 의미한다(정보화진흥원, 스마트시티 발전전망과 한국의 경쟁력, 2016.11 참고).

마지막 단계인 미래도시 단계는 스마트시티가 실시간으로 수집 및 분석되고 이를 기반으로 도시서비스를 제공하는 등 자율제어가 가능한 본격적인 지능사회로 진화하는 단계다.

[표 2-7] 스마트시티 지원 도시플랫폼 구성 요소와 스마트시티 발전단계

구분		스마트시티 발전단계			
인프라	도시인프라	▶	①	기반 구축 단계	건설업, ICT 기반 구축사업 시작
	ICT인프라				
	공간정보인프라				
데이터	IoT	▶	②	수직적 구축 단계	개별 분야·서비스별 수직적 연계·통합
	데이터공유				
서비스	알고리즘&서비스	▶	④	도시플랫폼 단계	도시가 하나의 플랫폼, 스마트시티의 완성
	도시혁신				

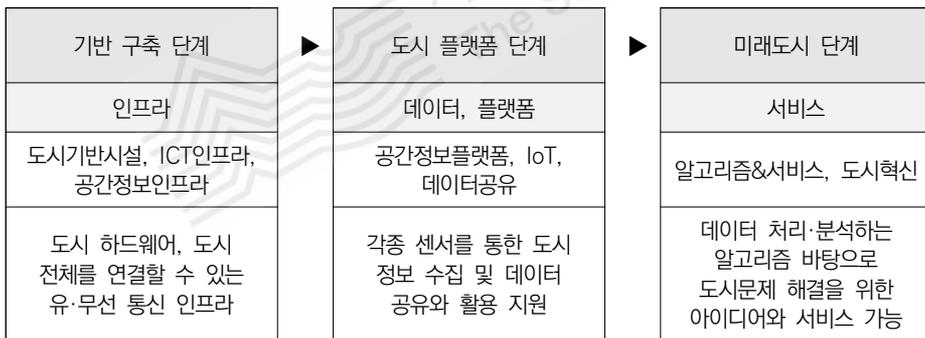
출처: 한국정보통신기술협회, 2018, 4차 산업혁명 핵심 융합사례 스마트시티 개념과 표준화 현황, 표준화 이슈 2018-1호 재구성

이 연구에서는 스마트도시 지원 도시플랫폼 구성요소인 인프라, 데이터, 서비스를 기준으로 스마트도시 발전단계를 기반 구축 단계, 도시 플랫폼 단계, 미래도시 단계로 재구성하였다.

기반 구축 단계는 도시 개발사업, 건설사업 등을 통해 구축된 하드웨어인 도시인프라, 도시 전체를 연결할 수 있는 유·무선 통신 인프라, 현실세계와 가상세계를 연결할 수 있는 공간정보 플랫폼을 구축하는 단계다. 본 단계에서는 ICT 인프라를 활용하여 사람과 컴퓨터의 연결에서 사물 간 연결이 가능하고, 이에 도시 전체를 연결할 수 있으며, 초정밀지도, 3D 지도, 인공위성 등을 활용하여 공간정보를 구축한다.

도시플랫폼 단계에서는 기반 구축 단계에서 구축된 도시인프라, 즉 IoT를 포함한 각종 센서 등 ICT 인프라를 활용하여 도시의 데이터를 수집하고, 이를 공간정보플랫폼에 저장하여 공유하고 활용할 수 있도록 지원한다.

미래도시 단계는 공간정보 플랫폼에 구축된 데이터를 처리·분석하는 알고리즘을 바탕으로 도시문제 해결을 위한 아이디어와 서비스 제공이 가능한 단계다. 제공되는 서비스는 도시에 실제 적용되어 도시문제를 해결할 수 있도록 고품질과 높은 신뢰성을 가져야 하며, 시민이 체감할 수 있어야 한다. 또한 이러한 서비스 제공이 가능하도록 제도와 환경이 뒷받침되어야 본격적인 지능사회로 진화하는 도시혁신이 발생한다.



[그림 2-8] 스마트시티 발전단계 및 구성요소

2) 서울 스마트도시 추진내용

서울시는 4차 산업혁명 시대를 맞아 서울의 도시경쟁력을 높이고 도시의 문제점 해결을 위한 정책으로 첨단 ICT를 활용한 “글로벌 혁신 스마트시티”를 구축하고자 스마트 시티 서울 전략계획을 2018년도에 수립하고 이에 따른 사업들을 진행하였다.

5대 핵심가치로는 ‘사람중심’, ‘서비스 중심’, ‘협치’, ‘지속가능’, ‘혁신성장’을 제안하였으며 주요 내용은 [표 2-8]과 같다.



[그림 2-9] 스마트시티 서울 전략계획(2018)의 주요 내용

[표 2-8] 스마트시티 서울 전략계획(2018)의 핵심가치 및 내용

구분	내용
사람중심	저소득층, 노약자, 장애인, 소상공인 등 취약 계층을 배려하는 정책 추진
서비스중심	ICT를 활용한 행정서비스 질 제고의 집중 투자
협치	각 분야의 관련 정책·사업이 도시를 중심으로 융합·연계
지속가능한 사업	스마트시티 추진 기반으로서의 핵심기술 기반 도시 플랫폼 구축, 기본 인프라 위에 공공·민간의 다양한 기술 도입·서비스 개선
혁신성장	4차 산업혁명에 따른 다양한 신기술을 도시 관리에 접목·실증

추진전략으로는 수요기반, 데이터중심, 민관협력, 기업참여, 플랫폼 기반의 5대 전략을 수립하고 정책과제로는 스마트 교통, 스마트 안전, 스마트 환경, 스마트 복지, 스마트 경제, 스마트 행정 6개 분야에서 18개 과제를 제시하고 있다.

[표 2-9] 분야별 스마트도시 정책 및 사업

구분	정책과제
교통	차세대 지능형 교통, 빅데이터 기반 교통 정보 제공 등
안전	스마트 재난대응, 도시기반시설 빅데이터 관리 등
환경	지능형 전력계량, 태양광 에너지, 상하수도 관리, 수질 관리 등
경제	G-밸라-Y-밸리, 상암DMC-마곡 M-밸리, 핀테크 대응 등
복지	CCTV 활용 여성안심이, 사회약자(치매, 발달장애) 안전서비스 등
행정	엠보팅·민주주의 서울 등 시민참여 온라인 채널 운영 등

추진전략 중 데이터 중심의 스마트도시를 구축하고자 빅데이터 통합관리체계 및 양질의 공공데이터 서비스를 제공하기 위한 빅데이터 통합저장소(S-Data), 민간데이터 연계·활용, 실시간 데이터 수집 활용(S-Dot) 사업들을 중점적으로 진행하고 있다. 여기에서는 다양한 공공 및 민간데이터의 융합을 통해 빅데이터를 제작하여 정책에 활용할 수 있는 기반을 마련하고 있으며, 도시에서 발생하는 실시간 데이터와 행정 데이터를 결합하여 다양한 업무 분야에서 활용할 수 있는 시스템들을 구축하고 있다. 플랫폼 기반에서는 플랫폼 기반의 스마트도시가 강조되고 있으며, 이를 위해서 빅데이터, IoT, 플랫폼 구축 등에 대한 적용이 지속적으로 수행되고 있다. 또한 분야별 인프라 및 데이터 통합을 위한 플랫폼 조성, 3차원 공간정보 플랫폼 구축 및 서비스 확산, 분야별 서비스의 종합적 활용 등이 검토되고 있다. 대표적인 사업으로 IoT 관련하여서는 5만 개의 IoT 도시데이터(S-DoT) 센서를 설치하여 관리하고자 하는 도시데이터 관리플랫폼 구축사업이 있다. 이외에 S-DoT 사업의 원활한 데이터 소통을 위하여 서울 S-Net 추진계획에 따라 IoT 망과 공공 와이파이를 확대하고 있다. 이외에도 기존 자가망을 통합 연계하여 서울에서 추진하고 있는 다양한 스마트 서비스의 통로가 되고 있다.

빅데이터 사업으로는 데이터 거버넌스 기반의 빅데이터 통합저장소 구축 등이 있다. 이외에 3차원 공간정보를 기반으로 다양한 서비스를 제공하고자 하는 버추얼 서울 사업 등이 있다.

[표 2-10] 서울시의 주요 스마트도시 사업

분야	추진 사업	비고
플랫폼	버추얼 서울(S-Map)	공간정보담당관
	인공지능 기반 행정서비스 구축·운영	정보시스템담당관
IoT 기반	IoT 기반 도시데이터 관리시스템 구축	스마트도시담당관
	CCTV 통합관제센터 운영	정보통신보안담당관
	초고속자가통신망 설치	정보통신보안담당관
빅데이터	민관 공동 빅데이터 플랫폼 구축	빅데이터담당관
	공공 빅데이터 통합 저장소 구축	빅데이터담당관
	빅데이터활용사업(열린데이터 광장, 빅데이터 캠퍼스 등)	빅데이터담당관

현재 서울시에서 추진 중인 스마트도시 사업을 대상으로 추진체계를 재점검한 결과, 플랫폼 분야에서는 데이터 구축 및 활용, 센서, IoT, 플랫폼 조성 기술을 적용하여 분야별 인프라 및 데이터 통합을 위한 플랫폼을 조성하고, 이를 기반으로 분야별 서비스를 종합적으로 활용할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있다(서울연구원, 2020).

IoT 분야에서는 서울시 행정정보를 연계할 수 있는 초고속자가통신망 설치 등의 ICT 인프라를 지속적으로 확대 구축하고, 서울시에 설치되어 있는 CCTV를 통합 연계하여 자원의 효율성을 극대화할 수 있는 CCTV 통합관제센터를 구축 운영 중에 있으며, 환경, 안전, 교통 등 다양한 분야에 있어 IoT 기반의 센서를 지속적으로 확충하고 있으나, 데이터를 처리 분석하는 알고리즘을 바탕으로 도시에서 활용가능한 서비스 개발 및 운영은 미흡한 상태이다.

빅데이터는 향후 스마트도시의 핵심인 인공지능을 통해 정책을 수립하고, 도시문제를 해결하기 위한 기반이 되는 중요한 요소로 민간데이터와 융합을 통해 빅데이터를 제작하고 활용 분야를 확대할 필요가 있다. 이를 위해서는 관련성이 높은 데이터 융합을 통해 빅데이터를 제작하여 정책수립에 활용할 수 있는 기반과 도시데이터와 시각데이터를 결합하여 다양한 분야에서 활용할 수 있는 시스템의 구축이 필요하다.

3) 서울시 스마트도시 사업과 사이버물리시스템과의 연관성

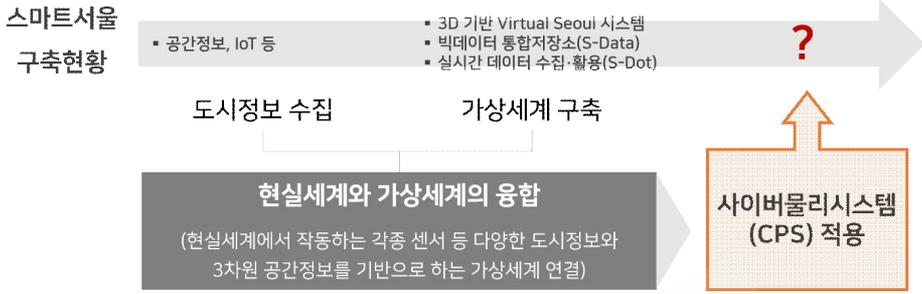
서울시는 2010년부터 스마트도시 사업을 진행해오고 있으며, 이를 통해 정보통신망을 확대하고 CCTV 통합플랫폼, U-City 플랫폼을 구축하여 안전, 환경 등의 서비스를 제공하고 있다. 행정 및 공공 분야의 서비스 제공을 위하여 정보통신망을 지속적으로 구축하고 WiFi망 등 인프라 구축이 선도적으로 진행되었다. 이외에 수치지형도 등 2차원 공간정보를 구축하고 이후 3차원 공간정보를 구축하여 사이버물리시스템 구축의 기반을 마련하였다.

서울시 스마트도시로의 진행에 따라 스마트도시가 갖추어야 할 요소를 인프라, 데이터, 서비스로 구분하여 살펴보았다. 인프라는 다양한 서비스 제공에 필요한 다양한 도시정보를 전송하는 것으로 서울시는 S-Net, IoT망, 공공와이파이 등을 구축하여 왔다. 데이터는 IoT기반의 도시데이터, 행정정보를 포함하여 정형 및 비정형의 빅데이터, 2차원, 3차원 공간정보 등이 해당한다. 데이터 분야는 서울시가 가장 선도적인 사업을 진행하고 있으며, 공공 및 민간데이터를 기반으로 빅데이터를 구축하고 이외에도 실시간 도시데이터를 수집하기 위한 IoT 사업들이 광범위하게 이루어지고 있다.

서비스는 안전, 환경, 복지 등 분야별 다양한 행정서비스가 해당이 된다. 특히 안전분야에서는 스마트 기술을 이용한 재난대응, 도시기반시설에 대한 빅데이터 관리 등의 사업이 해당된다. 이외에 복지 분야에서는 여성 CCTV 활용 여성 안심이, 사회약자(치매, 발달장애) 안전서비스 등이 대표적인 서비스이다. 그러나 서울시의 경우 인프라 및 데이터 구축의 단계는 성공적으로 구축된 것으로 평가되나 도시문제를 해결하고 시민들에게 다양한 서비스를 제공하기 위한 도시플랫폼 단계로의 이행은 아직까지 미흡한 것으로 평가된다.

현재 서울시의 경우 S-Map을 기반으로 하는 가상세계 구축과 빅데이터 통합저장소와 S-DoT를 중심으로 한 데이터의 수집 단계로 넘어가고 있다. 이러한 S-Map을 활용하기 위해서는 수집된 도시데이터를 분석하고 분석결과를 다시 도시에 반영할 수 있는 알고리즘을 개발하고 도시서비스를 제공해야 한다.

스마트시티 구축 마지막 단계인 도시플랫폼 단계를 구현하기 위해서는 스마트시티 구성요소인 인프라, 데이터, 서비스가 잘 구축되어야 한다. 특히 데이터의 경우 실시간의 현실 데이터가 가상현실에 반영되어 선제적으로 도시의 문제를 해결하고 이를 지원할 수 있는 서비스의 제공이 중요하다. 이를 위해서는 현실세계와 가상세계를 연결하는 사이버물리시스템의 구축을 적극 고려할 필요가 있다.



[그림 2-10] 스마트시티 구현을 위한 사이버물리시스템 적용

3_국내외 사이버물리시스템 적용 사례와 시사점

1) 국내 사례

(1) 울산산업단지: IoT 기반의 위험물질 관리시스템³⁾

유해화학물질관리시스템은 울산국가산업단지 내 화학물질 사고예방을 위한 IoT 기반의 체계적 관리 및 대응체계 도출을 위한 관리시스템으로, 울산국가산업단지 내 화학물질의 DB를 구축하고 사고 시 영향범위 예측 및 관리지침을 제시하였다.

3) 김대욱, 2018, "사례를 통해 본 3차원 공간정보의 활용효과" 디지털트윈공간세미나 발표자료, EGIS Labs

1. 3차원 공간정보 시설물지도 구축



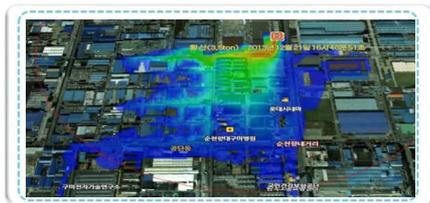
2. 화학물질 관리정보 입력



4. 사업장별 맞춤형 관리정보 제공



3. 사고시 확산범위 예측평가 제시



출처: 김대욱, 2018, “사례를 통해 본 3차원 공간정보의 활용효과” 디지털트윈공간세미나 발표자료, EGIS Labs

[그림 2-11] IoT 기반 위험물질 관리체계의 활용

유해화학물질관리시스템 내 데이터는 울산국가산업단지 내 지형, 시설물에 대한 3D 공간정보와 단지 내 기업정보, 화학물질명, 농도, 보유량 등 화학물질 DB, 바람정보 등의 데이터를 연계하여 디지털트윈을 구축하였다. 이들 데이터를 기반으로 폭발, 화학물질 유출 등 사고 발생 시 화학물질의 확산 속도, 방향, 범위와 이에 따른 피해를 예측한다. 이러한 분석을 통해 기존 산업단지의 체계적 관리방안을 마련하고, 신규 사업단지 조성 시 주변지역을 고려한 단지조성계획 수립 및 관리체계 구축에 활용한다.



출처: 김대욱, 2018, “사례를 통해 본 3차원 공간정보의 활용효과” 디지털트윈공간세미나 발표자료, EGIS Labs

[그림 2-12] IoT 기반 위험물질 관리체계 내 위험화산 예측분석

[표 2-11] 유해화학물질관리시스템의 데이터, 기술요건, 서비스

구분	내용
데이터	- 화학단지 3D 공간정보, 기업정보, 화학물질 DB(화학물질명, 농도, 보유량 등), 바람정보
기술요건	- 사고 시 화학물질 확산 및 피해예측
서비스	- 기존 산업단지 체계적 관리방안 - 신규 사업단지 조성 시 주변지역을 고려한 단지조성계획 수립 및 관리체계 구축

(2) 국토교통부: 국토공간계획지원체계(KOPSS)

국토공간계획지원체계(KOPSS)는 기본 국토계획과정 중 발생하는 특정지역의 난개발, 지역 간 불균형 발전, 이해관계자 간 의견충돌로 인한 사업 중단 등의 문제점을 해결하기 위해 개발되었다. 국토공간계획지원체계는 합리적인 국토계획수립을 위한 의사결정과정 지원도구로 기초지자체, 광역지자체, 중앙부처의 계획 관련 부서에서 사용이 가능하다.

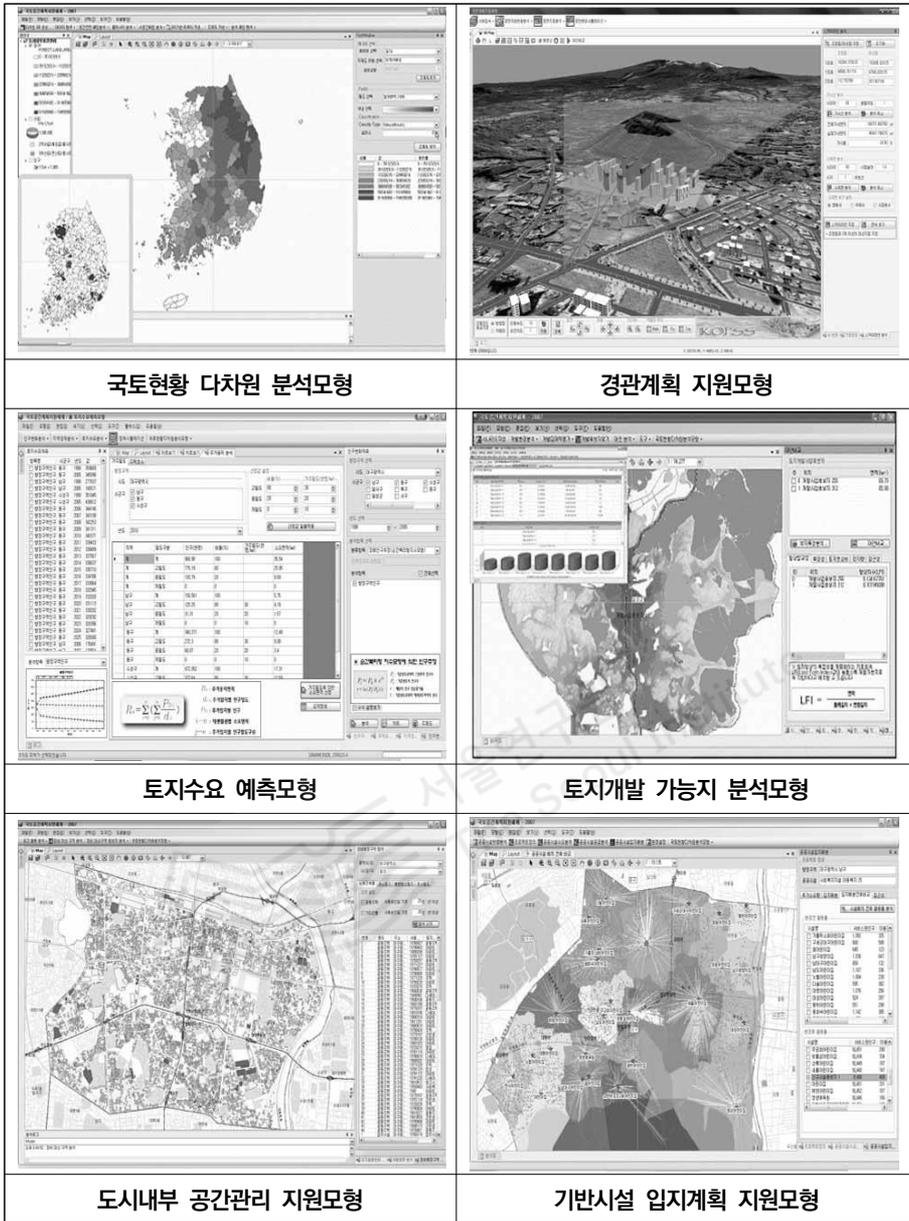
국토공간계획지원체계의 데이터는 국가공간정보인프라(NSDI), 한국토지정보시스템(KLIS), 건축행정정보시스템(AIS), 도로 및 상하수(UIS), 새주소 DB, 위성영상 DEM 등이 사용되었다. 이들 데이터를 기반으로 공간의사결정지원체계(SDSS; Spatial Decision Support System)를 개발하여 도시기반시설계획, 경관계획, 도시정비계

획, 지역계획, 토지이용계획의 5개 분야에서 활용한다. 이를 위해 국토현황 다차원 분석, 지역개발사업 관리 지원모형, 경관계획 지원모형, 토지수요 예측모형, 토지개발 가능지 분석모형, 토지이용계획 지원모형, 도시내부 공간관리 지원모형, 도시재정비 촉진지구 선정 지원모형, 기반시설 입지계획 지원모형을 활용한다. 각 분석 및 모형을 위해서는 공간분포 분석, 공간패턴 분석, 3차원 시뮬레이션, 가시권 분석, 일조권 분석, 서비스 상권분석 등 다양한 기술요건이 필요하다([표 2-12] 참고). 이를 통해 도시기반시설계획, 경관계획, 도시정비계획, 지역계획, 토지이용계획의 의사결정을 지원하는 서비스를 제공한다.

[표 2-12] 국토공간계획지원체계의 데이터, 기술요건, 서비스

구분	내용	
데이터	국가공간정보인프라(NSDI), 한국토지정보시스템(KLIS), 건축행정정보시스템(AIS), 도로 및 상하수(UIS), 새주소 DB, 위성영상 DEM 등	
기술요건	국토현황 다차원 분석	국토현황, 토지이용현황, 도시계획현황, 국토지표 분석, 기초통계, 공간분포 분석, 공간패턴 분석
	지역개발사업 관리 지원모형	지역개발사업의 분포현황, 사업집중도, 사업유사성, 개발사업 지구계획 분석
	경관계획 지원모형	3차원 시뮬레이션, 가시권 분석, 일조권 분석, 시곡면 분석, 조망권 분석, 건물모델링자료 시뮬레이션
	토지수요 예측모형	인구예측, 산업특화도 등을 기반으로 용도별 필요부지 규모를 산정
	토지개발 가능지 분석모형	시가화 예정용지 또는 택지개발지 등 개발사업 부지 선정지원, 개발가능성 평가지표 분석, 이해관계자의 의견 반영, 대안의 장단점 비교
	토지이용계획 지원모형	토지용도 교차분석, 용도배분을 위한 적합지 분석, 입지여건 분석
	도시내부 공간관리 지원모형	건물 노후도, 과소필지, 호수밀도 등의 지표를 분석하여 재정비 필요지역 추출, 도시정비사업을 진행하기 위한 주택재개발사업 후보지 추출
	도시재정비촉진지구 선정 지원모형	주택재개발사업을 수행할 수 있는 후보지를 찾은 후 광역적인 재정비 촉진지구 후보지구 경계 설정
	기반시설 입지계획 지원모형	잠재수요 분포분석, 서비스 상권분석, 접근성모형을 이용한 복지시설의 적정입지배분
서비스	도시기반시설계획 지원, 경관계획 지원, 도시정비계획 지원, 지역계획 지원, 토지이용계획 지원	

출처: 이진우, 2008, 국토공간계획지원체계(KOPSS), 한국지역정보개발원, 「지역정보화」 52권 0호, 2008년 9월, pp.56-63



자료: 이진우, 2008, 국토공간계획지원체계(KOPSS), 한국지역정보개발원, 「지역정보화」 52권 0호, 2008년 9월, pp.56-63

[그림 2-13] 국토공간계획지원체계(KOPSS) 활용 예시

(3) 전주시: 스마트시티 지원을 위한 DTS 기반의 디지털허브 구축

전주시는 DTS 기반의 디지털허브를 구축하여 현안 도시문제를 도출하고 지역 맞춤형 서비스 모델을 개발하는 스마트시티 구축을 위한 실험사업을 실시하였다. 전주시, 한국국토정보공사(LX), 전주정보문화산업진흥원, 학계 및 시민들과 함께 스마트시티 구축 실무 협의체를 구성하여 전주시 지역 현황 도시·사회 문제 및 서비스 시나리오 도출, 디지털 허브 구축 및 데이터 처리, 센서 및 IoT 기술, 데이터 처리, 실시간 데이터 수집 및 적용, 서비스 시나리오 모델 적용, 리빙랩 등의 역할을 수행하였다. 실험사업을 수행하기 위해 통합국토정보 디지털허브를 구축하여 3차원 가시화 기능을 구현하였으며, 이를 통해 전주시 통합국토정보 모델 및 서비스를 설계하였다. 이를 위해 전주시 디지털허브 구축 및 활용 전략을 수립하고, 디지털허브 활용을 위한 거버넌스 체계를 마련하였으며, 비즈니스모델 개발 및 법·제도를 개선하였다.



출처: 강진아, 2018, “한국형 디지털트윈을 꿈꾸는 한국국토정보공사-전주시 스마트시티 구축”, 「공간정보」 가을 Vol.20, pp.24-27

[그림 2-14] 전주시 스마트시티 구축을 위한 실험사업 추진 단계 및 내용

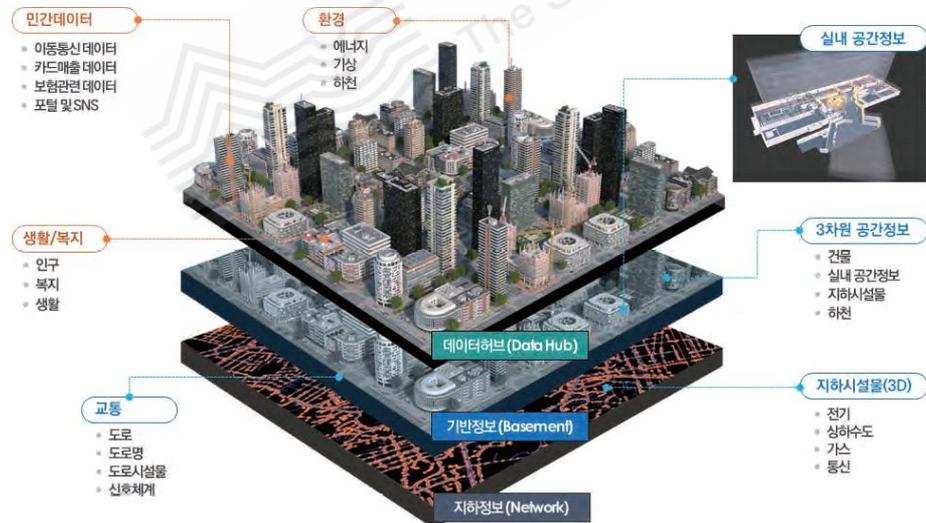
공간정보는 전주시 관내 주요지점인 구시가지, 신시가지, 혁신도시(약 16km²)를 대상으로 지상, 지하, 실내, 행정경계 등 3D 모델을 구축하고, 행정데이터와 공공 및 민간 데이터를 융합하여 디지털트윈을 구축하였다. 이를 통해 시각화, 지도 제어 기능, 검색 기능, 관심지점 등록 등 3차원 가시화 기능과 교통·에너지·안전 등 대표 시나리오를 구축하여 도시 문제 해결을 위한 시뮬레이션 기능을 구현하였다.

서비스로는 분야별 시나리오 기반의 가상 시뮬레이션 수행 및 결과를 3차원으로 시각

화하여 도시계획, 각종 도시·사회 문제 해결의 기초자료로 활용하였다. 또한 관계부처, 기관 간 협업이 가능한 서비스 모델을 구현하고, 시민 및 관련 전문가들이 도시운영에 참여할 수 있는 온라인 소통 창구 및 서비스 모델 등 협업 모델을 구현하였다. 마지막으로 지속적으로 운영·적용하기 위해 스마트시티 구축 협의체 및 지역 리빙랩의 운영을 통해 시민 체감형 도시문제 해결을 위한 서비스 모델을 발굴하고 추가 서비스 모델 구현에 필요한 데이터를 구축하였다.

[표 2-13] 전주시 스마트시티 구축을 위한 실험사업의 데이터, 기술요건, 서비스

구분	내용
데이터	<ul style="list-style-type: none"> - 공간정보: 건물, 실내공간정보, 지하시설물(전기, 상하수도, 가스, 통신), 하천, 교통(도로, 도로명, 도로시설물, 신호체계), 환경(에너지, 기상, 하천 등) - 행정정보: 전주시 보유 행정데이터(인구, 행정경계, 복지, 생활 등 속성데이터) - 민간데이터: 이동통신데이터, 카드매출데이터, 보험관련데이터, 포털 및 SNS
기술요건	<ul style="list-style-type: none"> - 시각화, 지도 제어 기능, 검색기능, 관심지점 등록 등 3차원 가시화 기능 구현 - 교통, 에너지, 안전 등 대표 시나리오 구현
서비스	<ul style="list-style-type: none"> - 도시문제 해결: 디지털 허브 가상 시뮬레이션을 통한 도시문제 효과적 대응 - 협업모델 구현: 관계 부처, 기관 간 협업 서비스 모델 구현 - 시민서비스 제공: 시민 체감형, 시민 참여 도시문제 해결



출처: 강진아, 2018, “한국형 디지털트윈을 꿈꾸는 한국국토정보공사-전주시 스마트시티 구축”, 「공간정보」 가을 Vol.20, pp.24-27

[그림 2-15] 전주시 디지털허브 시스템 개념

전주시의 경우 스마트시티를 구축하고 운영하기 위해 전주시 지역 현안, 높은 지속가능성, 시민체감, 기술사회 융합 등 4개 조건을 고려하여 거버넌스를 구축하였다.

[표 2-14] 전주시 스마트시티 구축을 위한 거버넌스 구성

구분	내용	비고
지역현안	- 사회 및 산업문제, 복지문제 등	서비스/비즈니스 모델
높은 지속가능성	- 추진 기본계획 없음 - R&D 투자 적음 - 공공부문/민간부문 협업 부족 - 개인보안 및 규제 개선 정책 등 미비	법제도
시민체감	- 다양한 시민단체 있지만 스마트시티 이해 및 연계성 낮음	리빙랩
기술-사회 융합	- 데이터 개별적 관리(개별 부서) - 플랫폼 부재	디지털트윈 (스마트시티 플랫폼)

출처: 이인수 외, 2019, 전주시 스마트시티 구축을 위한 거버넌스 마련 연구, 한국국토정보공사 공간정보연구원

전주시 스마트시티는 도입단계, 확산단계, 정착단계의 3단계 구축안을 마련하여, 각 단계별 참여단체, 기술수준, 시민참여도를 구분하였다.

도입단계는 지자체, 공공기관, 소수기업, 소수 시민단체가 참여하는 강력한 형태의 행정 거버넌스를 구축하는 것으로, 스마트시티 디지털트윈 플랫폼 프로토타입을 구축하며, 시민 참여는 없는 상태다. 확산단계는 지자체, 공공기관, 다수기업, 소수 시민연대가 참여하는 '느슨한 형태'의 행정 거버넌스 구축단계로 지자체 공무원이 스마트시티 디지털 플랫폼을 이용하며, 시민 참여도는 관심 정도다. 마지막으로 정착단계는 지자체 공공기관, 다수기업이 참여하며, 시민이 스마트시티 디지털 플랫폼을 이용하는 '시민주도' 행정거버넌스 구축 단계다.

[표 2-15] 전주시 스마트시티 단계별 거버넌스 구축(안)

구분	1단계	2단계	3단계
단계	(도입단계) - 2019	(확산단계) - 2020	(정착단계) - 2023
참여단체	지자체, 공공기관, 소수기업, 소수 시민단체가 참여하는 '강력한 형태'의 행정 거버넌스 구축	지자체, 공공기관, 다수기업, 소수 시민연대가 참여하는 '느슨한 형태'의 행정 거버넌스 구축	지자체, 공공기관, 다수기업, '시민주도'의 행정 거버넌스 구축
기술수준	스마트시티 디지털트윈 플랫폼 프로토타입 구축	지자체 공무원이 스마트시티 디지털트윈 플랫폼 이용 단계	시민이 스마트시티 디지털트윈 플랫폼 이용 단계
시민참여도	무관심	관심	주도

출처: 이인수 외, 2019, 전주시 스마트시티 구축을 위한 거버넌스 마련 연구, 한국국토정보공사 공간정보연구원

(4) 세종특별자치시

세종시의 스마트시티 국가시범도시 세종 5-1생활권을 디지털트윈을 통해 시각화하여 시민·공공·민간기업이 소통하여 지속가능한 발전을 할 수 있는 플랫폼 개념으로 구축하였다. 세종 5-1생활권의 경우 기존 도시와는 달리 신도시에 적용되는 디지털트윈으로 도시의 설계단계부터 운영단계까지 도시 생애주기에 따른 도시데이터를 확보하고 도시문제 해결을 위한 다양한 시뮬레이션 알고리즘을 개발하고 적용하였다.

데이터는 지형 및 지상시설물인 실외공간, 다중이용 공공시설의 실내공간, 상수·우수·오수·전기·통신·공동구 등 지하시설물을 3D로 구축하고, 매설가스관의 건물 내부로 인입, 실외 도로가 실내 주차장과 연결 등 각각의 공간정보를 연계하였다. 이러한 데이터는 국제공간정보 표준인 OGC 공간데이터 표준을 기반으로 실내공간, 실외공간, 지하시설물 등의 디지털트윈을 구축하여 일관성, 연계성 및 확장성을 확보하였다. 또한, 3D 공간정보, 데이터 연계·시각화플랫폼·기본 시뮬레이션, VR 연계 등 기본 플랫폼을 구축하고, 이후 인공지능, 실감미디어, Geo-IoT 등 신기술을 반영하여 다양한 데이터를 수집 및 활용할 예정이다.

[표 2-16] 세종시 스마트시티 국가시범도시의 데이터, 기술요건, 서비스

구분	내용
데이터	<ul style="list-style-type: none"> - 실외공간: 지형 및 지상시설물(건물, 도로, 교량, 가로수 등) - 실내공간: 다중이용 공공시설 - 지하시설물: 상수·우수·오수·전기·통신·공동구 등
기술요건	<ul style="list-style-type: none"> - 표준기술: OGC* 공간데이터 표준을 기반으로 실내공간(IndoorGML), 실외공간(CityGML), 지하시설물(LandInfra/InfraGML) 등의 디지털트윈 구축 - 신기술: 3D 공간정보, 데이터 연계·시각화플랫폼·기본 시물레이션, VR 연계 등 기본 플랫폼을 구축하고, 이후 인공지능, 실감미디어, Geo-IoT 등 신기술을 반영하여 다양한 데이터 수집 및 활용
서비스	<ul style="list-style-type: none"> - 도시설계단계: 지역 계획, 도시 공간 개념 및 설계, 분석, 인프라 기획 및 엔지니어링 기반의 모델링 및 시물레이션 - 도시시공단계: 건축, 엔지니어링, 시공사 등 협업 기반의 공정관리, 설계오류 검증 및 재해사전 예측을 통한 건설품질 및 일정관리 - 도시운영단계: 실제 도시 운영에서의 모니터링, 시민 의견 수렴과 데이터허브 등의 연계를 통한 서비스 확대

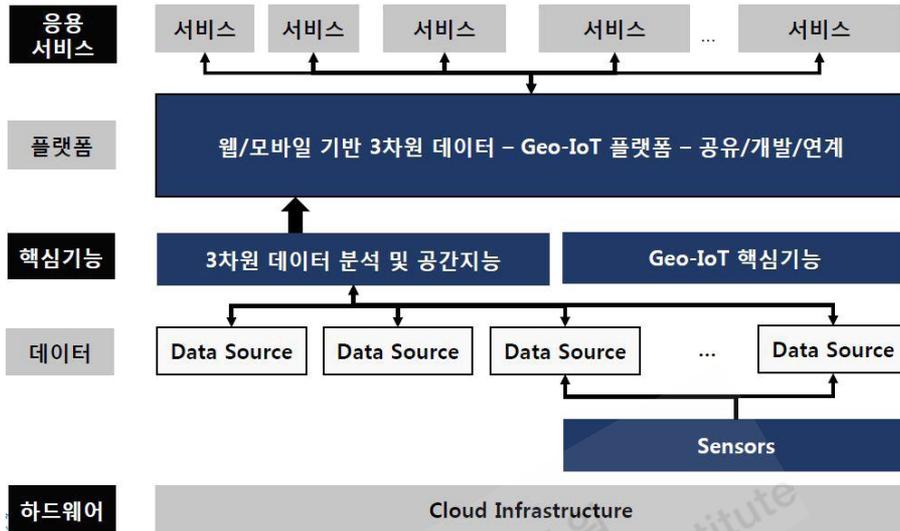
* OGC: Open Geospatial Consortium, 공간정보 관련 국제 기술표준 연구 및 제정 기구

출처: 국토교통부, 세종특별자치시, 한국토지주택공사, 2019, 세종 스마트시티 국가 시범도시 시행계획

서비스는 도시설계단계, 도시시공단계, 도시운영단계의 단계별로 다르게 제공된다. 도시설계단계에서는 설계 시 발생할 수 있는 건물높이, 배치, 주변 공간 설계, 바람길, 일조권 등에 대해 기본 시물레이션 기능을 활용하여 다양한 변경사항을 검증한다. 도시시공단계에서는 세종 5-1생활권 공사 공정과 일정을 포함한 프로젝트와 설계오류 검증 및 재해사전 예측을 통한 건설품질을 관리한다. 이를 위해 가상공간 내에서 설계 내용의 반영여부를 모니터링할 수 있도록 IoT 센서, CCTV 등 위치 선정 시물레이션을 수행한다. 도시운영단계에서는 설계와 시공단계에서 확보한 3D 공간정보를 기반으로 도시 내 생활하는 입주민으로부터 발생하는 다양한 도시 데이터를 연계하여 시물레이션 알고리즘을 개발하고 적용함으로써 다양한 서비스를 제공할 예정이다.

세종 5-1생활권의 디지털트윈은 인프라, 데이터, 핵심기능, 공유 플랫폼, 서비스 계층으로 구성된다. 인프라는 Cloud Infrastructure로 하드웨어 및 기반 소프트웨어를 담당하는 계층이며, 데이터는 실내, 실외, 지하시설물, 관련 공간정보를 저장하고 관리하는 계층이다. 핵심기능은 3차원에 대한 각종 분석기능과 공간 인공지능 기능을 포함하며, Geo-IoT를 비롯한 다양한 3차원 관련 데이터를 수집하는 계층이다. 공유

플랫폼은 데이터와 핵심 기능을 공유하고, 응용시스템 개발을 지원하는 공유·개발 및 연계 지원 계층이다. 응용서비스는 공유 플랫폼에서 제공하는 기능을 기반으로 개발하고 운영하는 계층으로, 웹·데스크탑·모바일 서비스 등을 구분할 수 있다.



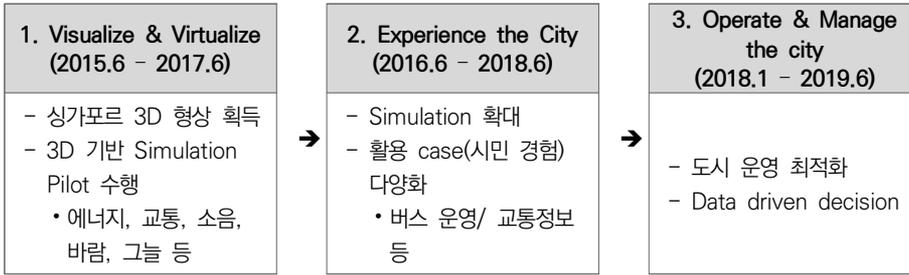
출처: 국토교통부, 세종특별자치시, 한국토지주택공사(2019), 세종 스마트시티 국가 시범도시 시행계획

[그림 2-16] 세종 5-1생활권 디지털트윈의 계층적 구조

2) 국외 사례

(1) 싱가포르: 스마트시티 사업의 플랫폼으로 활용

싱가포르에서는 다양한 도시 문제를 해결하기 위해 모델링과 시뮬레이션을 수행할 수 있는 통합된 3D Singapore의 필요성이 대두되었으며, 이에 싱가포르 전체를 3D 모델링하고 이를 활용할 수 있는 Virtual Singapore를 구축하였다. Virtual Singapore는 Visualize & Virtualize(2015.6-2.17.6), Experience the City(2016.6-2018.6), Operate & Manage the City(2018.1-2019.6)의 3단계로 진행되었다. 1단계인 Visualize & Virtualize 단계에서는 싱가포르를 3D 모델로 구축하고, 이를 기반으로 에너지, 교통, 소음, 바람, 그늘 등 시뮬레이션을 시험하였다. 2단계인 Experience the City 단계에서는 시뮬레이션의 범위를 확대하고, 버스운영, 교통정보 등 시민 서비스를 다양화하였다. 3단계인 Operate & Manage the City 단계에서는 도시 운영을 최적화하고 데이터 중심의 의사결정을 수행하였다.



출처: <https://www.wired.com/2014/02/spime-watch-smartamerica-cyberphysical-systems/>

[그림 2-17] Virtual Singapore의 구축 단계

버추얼 싱가포르의 건축물, 지형속성, 지반속성, 도시 인프라 등의 3D 모델링 데이터와 차량 및 사람의 이동, 바람길 등 실시간 동적 정보 데이터를 반영하였으며, 건축물은 LOD 2.5를 기반으로 하되, 중요 건물은 LOD 4로 실내정보까지 구축하였다. 이러한 데이터는 OGC CityGML 표준에 기반하여 3D 공간정보를 가시화하고, 지도 제어 및 서비스 시나리오를 구현하여 시뮬레이션을 가능하도록 하였다. 버추얼 싱가포르는 비즈니스 분석, 자원 계획 및 관리, 의사결정 지원 등 정부 사업분야에 활용되며, 이외 싱가포르의 가치창출을 위한 기술 개발, 새로운 연구 분야의 협업, 가상실험, 가상테스트베드 등 연구 및 개발에도 활용된다.

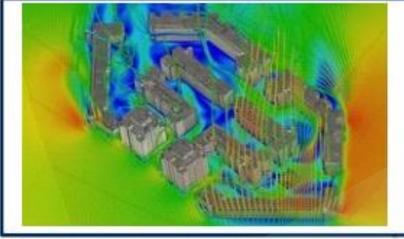
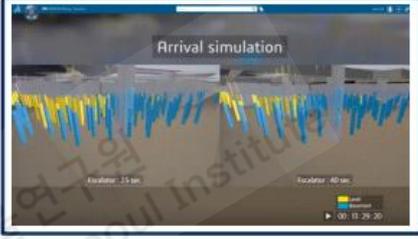
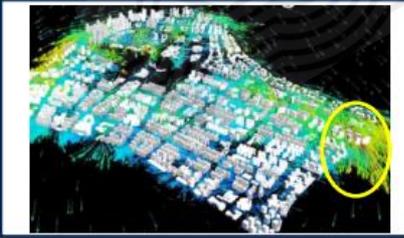
[표 2-17] 3D Virtual Singapore의 데이터, 기술요건, 서비스

구분	내용
데이터	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물: 벽, 바닥 및 천장과 같은 시설의 구조 - 지형속성: 식물, 교통, 인프라 등 - 지반속성: 화강암, 모래 등 - 기타 차량 및 사람의 이동 등 실시간 동적 정보
기술요건	<ul style="list-style-type: none"> - 가시화: 공간정보 3차원 가시화, 지도 제어 및 서비스 시나리오 구현 - 시뮬레이션
서비스	<ul style="list-style-type: none"> - 사업 분야: 비즈니스 분석, 자원 계획 및 관리를 위한 분석 도구로 활용 - 연구 분야: 싱가포르의 가치창출을 위한 기술 개발, 새로운 연구 분야의 협업, 가상실험, 가상테스트베드, 계획 및 의사결정, 연구 및 개발에 활용

Virtual Singapore는 실험, 테스트베드, 계획 및 의사결정, 연구 및 개발의 4개 분야로 활용되었다. 실험에서는 네트워크 커버리지 분석, 재난 위험 분석, 공기 흐름 분석,

오염 분석 등이 수행되었으며, 테스트베드에서는 건물대피 시물레이션, 교통량 시물레이션, 태양열 설치 검증, 소음 분석 검증 등이 수행되었다. 계획 및 의사결정에서는 도로계획 수립, 풍량을 고려한 건물배치, 그림자를 고려한 단지 조성, 육교연결 도로 결정 등에 활용되었으며, 연구 및 개발에서는 IoT 모니터링, 시민을 위한 서비스 개발, 쾌적 환경을 위한 연구, 교통흐름 최적화 등에 활용되었다.

Virtual Singapore는 도시문제를 발견하고 이를 해결하기 위해 도시 정보 및 공간정보를 수집하고 이를 디지털트윈으로 구현하여 의사결정 및 시민서비스 제공 등 도시 운영의 최적화까지 사이버물리시스템 활용을 위해 단계별 절차를 진행하였음을 알 수 있다.

<p style="text-align: center;">공기 흐름 분석</p> 	<p style="text-align: center;">건물 대피 시물레이션</p> 
<p style="text-align: center;">Virtual Experimentation 분야 분석 예시</p>	<p style="text-align: center;">Virtual Test-Bedding 분야 분석 예시</p>
<p style="text-align: center;">풍량을 고려한 건물 배치</p> 	<p style="text-align: center;">IoT 모니터링</p> 
<p style="text-align: center;">Planning and Decision-Making 분야 분석 예시</p>	<p style="text-align: center;">Research and Development 분야 분석 예시</p>

자료: 다쏘시스템, 2018, “미래도시 건설을 위한 디지털도시플랫폼 구축” 디지털트윈공간세미나 발표자료, DASSAULT SYSTEMS, The3DEXPERIENCE Company

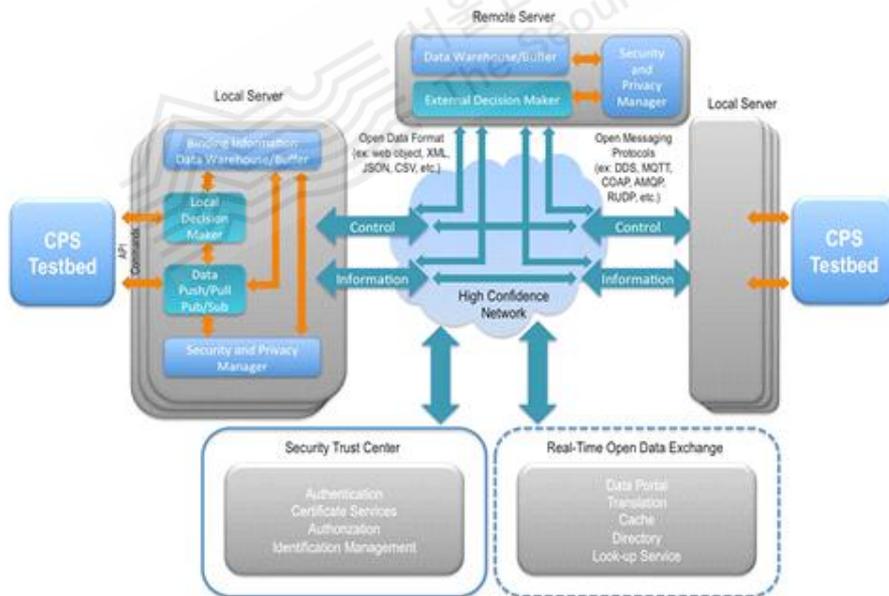
[그림 2-18] Virtual Singapore 활용 예시

(2) 미국: SmartAmerica Challenge(SAC)의 도입

대통령과학기술자문위원회(PCAST)에서는 2007년 사이버물리시스템을 언급하고, 이후 2010년 사이버물리시스템을 국가 경쟁력 강화를 위한 최우선 연구 과제로 선정하였다. 사이버물리시스템은 생산공정, 교통, 전력, 헬스케어, 홈/빌딩, 국방, 재난대응의 7개 핵심 응용분야 별 테스트베드로 진행되었다. 이는 분야별 사이버물리시스템들이 상호 연결되어 운용 가능한 통합 사이버물리시스템을 구축하고 이를 통해 기술적·사회적 이슈를 도출하는 연구 프로젝트이다.

사이버물리시스템은 먼저 분야별 테스트베드를 연결하고 운영하는 시나리오를 정의하고, 통합 사이버물리시스템의 이점을 보기 위해 분야별 사이버물리시스템 테스트베드를 상호 연결한다. 이 때 분야별 사이버물리시스템 테스트베드는 개방형 표준을 사용하여 상호 연동이 용이하도록 한다.

SAC에서 사이버물리시스템은 사이버 요소와 엔지니어링된 물리적 요소가 통합된 하이브리드 네트워크로 정의하고 있다. 또한 사이버물리시스템은 적응 및 예측 시스템을 위한 공동 설계와 엔지니어링이 되어야 하고, 실시간 응답이 가능해야 한다.



출처: 스마트아메리카 홈페이지(<http://smartamerica.org>)

[그림 2-19] SmartAmerica Challenge 테스트베드 구조

SAC 테스트베드 운영 및 도시 전체 적용 과정은 [표 2-18]과 같다.

[표 2-18] SmartAmerica Challenge 테스트베드 운영 및 도시 전체 적용 과정

단계	내용
1	- 각 사이버물리시스템 도메인에서 진행 중인 연구과제별 테스트베드를 상호연결하는 통합 사이버물리시스템 테스트베드를 구축
2	- 테스트베드상에서 운용될 시나리오를 정의하고 필요한 데이터 공유 및 연관관계 분석을 통해 각종 사이버물리시스템 응용들의 국가 내 각 도메인에서의 적용을 가속화하고 사이버물리시스템들 간의 실통합을 용이하게 진행
3	- 각 도메인에서 발전 중인 사이버물리시스템을 연동, 시험하기 위한 구조를 제시 - 각 도메인에서 해당 도메인에 특화된 사이버물리시스템 시스템들을 시험하기 위해 이미 구축된 테스트베드를 관리 제어하기 위한 로컬서버를 두고 로컬서버 간에 연동을 통한 대규모의 사이버물리시스템 테스트베드를 구축
4	- 로컬서버에는 각 도메인의 사이버물리시스템 테스트베드 운용을 위한 제어 기능과 Push/Pull, Pub/Sub에 기반한 통신 기능 및 해당 로컬서버의 보안을 통제할 매니저를 둠
5	- 전체 대규모 사이버물리시스템테스트베드를 관리, 통제하기 위해 로컬서버와 동일한 기능 모듈들로 구성된 리모트 서버, 즉 중앙 서버를 운용하도록 함
6	- 전체 사이버물리시스템 테스트베드 운용결과를 분석, 반영하기 위해 실시간 데이터 교환센터를 설치하고 전체 테스트베드의 접근제어, 인증, 서비스제어를 수행하기 위한 보안센터를 운용
7	- 로컬서버와 중앙서버들 간에 통신은 XML(eXtensible Markup Language), 웹과 같은 개방형 데이터 포맷을 사용하여 DDS(DataDistribution Service)와 같은 개방형 메시징 프로토콜을 사용
8	- 공유 및 관련 데이터 분석을 통해 7개 핵심 응용분야별 구축된 사이버물리시스템 테스트베드 수행 후 도시에 적용

자료: 김원태 외, 2014, "SmartAmerica Challenge 기술동향", 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석 Vol. 29 No. 4, pp.72-81

사이버물리시스템은 도시 및 커뮤니티 회복력 기술 구축, 의료 데이터 활용성 증진 및 의료시스템 개선을 통한 인명보호, 새로운 사이버물리시스템 구성요소의 개발·설치·유지관리를 위한 일자리 창출 촉진에 중점을 둔다. 이와 더불어 사이버물리시스템의 설계 및 개발, 데이터 관리 및 사용을 통한 새로운 비즈니스 기회 창출, 제조업 성장 및 디지털경제 확대를 통한 경제개선에도 초점을 두고 있다.

또한, 미국의 중앙정부와 의료, 교통, 공공사업, 제조 등 다양한 분야의 산업 이해관계자 등 100개 이상의 기관에서 SAC에 참여하여 사이버물리시스템 개발 및 활용을 위한 연구를 진행 중이다.

(3) 영국: 3차원 가상도시를 통한 시민체감형 서비스 제공

VU.CITY-LONDON은 도시개발을 하는 회사와 3D 콘텐츠 제작 전문 기업이 같이 만든 시스템으로 가상도시 모델을 만들어서 정부는 도시운영을 효율화하고 시민은 다양한 데이터를 통해 시민 체감형 서비스를 받을 수 있다.

VU.CITY-LONDON은 SNS를 비롯한 교통, 날씨, 환경정보, 뉴스정보 등 실시간 데이터를 연동하여 상호작용하는 모델을 구축하였으며, 게임 엔진 기술을 통해 지리 정보 시스템 데이터, 경관, 교통 및 채광 등의 시스템을 복합적으로 이용하였다.

데이터는 도시정보데이터, 실시간 도시환경 변화 데이터, 건물 및 도시계획 이력 데이터, 3D 디지털 모델을 구축하였다. 도시정보데이터는 주요 역사적 건물, 대기오염, 주택가격, 암반, 보전지역, 홍수 위험 지역, 녹지, 주택지역, 편의시설, 학교, 주택가격, 인구통계 및 소득 수치 등이 사용되었다. 실시간 도시환경 변화 데이터는 건물, 도로, 햇빛 경로, 교통정보, 보행자 정보를 반영하였으며, 토지 소유권 및 건물 내부 용도에 대한 데이터 및 기존 도시계획 이력 데이터를 구축하였다. 또한, 고해상도 항공사진의 스테레오 사진 측량데이터를 지상에서의 레이저 스캐닝과 결합하였으며, 이를 건물, 도로, 나무 및 공공공간을 포함하여 도시 전체를 15cm 이내의 정확도로 구현하였다.

이를 통해 개발 산업 전반에 걸친 더 나은 정보통의 의사결정 및 협업, 설계, 기획 프로세스에 활용하며, 플랫폼 내에서 구축되지 않은 계획을 포함한 도시 모델 구축하여 향후 계획을 고려한 계획을 수립하는 데 활용한다.

VU.CITY-LONDON을 통해 지역사회 시민들에게 도시계획 참여를 촉진하고 투명한 방식의 도시개발 프로세스를 제공하고, 도시민들이 원하는 정보를 언제든지 찾아볼 수 있고 체감할 수 있는 가상의 도시모델을 제공하였다. 또한, 건물건설 시 변경되는 도시의 스카이라인을 사전에 보여주어 도시경관 변화를 시민들이 보행자 레벨에서 체감할 수 있도록 하였다.

이를 통해 도시개발 및 의사결정에 소요되는 시간과 비용을 절감하고, 도시계획 초기 단계에서 계획의 성격과 영향을 명확하게 제공함으로써 개발 위험을 최소화한다.

[표 2-19] VU.CITY-LONDON의 시스템, 데이터, 업무 및 시민서비스

구분	내용
시스템	<ul style="list-style-type: none"> - SNS를 비롯한 교통, 날씨, 환경정보, 뉴스정보 등 실시간 데이터를 연동하여 상호작용하는 모델을 구축 - 게임 엔진 기술을 통해 지리 정보 시스템 데이터, 경관, 교통 및 채광 등의 시스템을 복합적으로 이용
데이터	<ul style="list-style-type: none"> - 도시정보 데이터: 주요 역사적 건물, 대기오염, 주택가격, 임박, 보전지역, 홍수 위험 지역, 녹지, 주택지역, 편의시설, 학교, 주택가격, 인구통계 및 소득 수치 등 - 실시간 도시환경 변화 데이터: 건물, 도로, 햇빛 경로, 교통정보, 보행자 정보 반영 - 토지 소유권 및 건물 내부 용도에 대한 데이터 및 기존 도시계획 이력 데이터 구축 - 3D 디지털 모델: 고해상도 항공사진의 스테레오 사진 측량데이터를 지상에서의 레이저 스캐닝과 결합
업무	<ul style="list-style-type: none"> - 개발 산업 전반에 걸친 더 나은 정보통의 의사결정 및 협업, 설계, 기획 프로세스에 활용 - 플랫폼 내에서 구축되지 않은 계획을 포함한 도시 모델 구축하여 향후 계획을 고려한 계획을 수립
시민 서비스	<ul style="list-style-type: none"> - 지역사회 시민들에게 도시계획 참여를 촉진하고 투명한 방식의 도시개발 프로세스 제공 - 도시민들이 원하는 정보를 언제든지 찾아볼 수 있고 체감할 수 있는 가상의 도시 모델 제공 - 건물건설 시 변경되는 도시의 스카이라인을 사전에 보여주어 도시경관 변화를 시민들이 보행자 레벨에서 체감

출처: VU.CITY 홈페이지(<https://vu.city/>) 정리



출처: VU.CITY 홈페이지(<https://vu.city/>)

[그림 2-20] VU.CITY-LONDON의 활용

3) 요약 및 시사점

사이버물리시스템 국내외 사례를 살펴본 결과 도시차원에서 사이버물리시스템을 적용하고 운영한다고 하기에는 미흡하나, 디지털트윈을 구축하여 이를 이용한 다양한 시뮬레이션과 분석 등을 통해 의사결정을 지원하는 도구로 활용하고 있음을 알 수 있다. 국내사례로는 도시의 일부를 관리하기 위한 시스템인 유해화학물질관리시스템과 국토공간계획지원체계 사례와 도시 전체를 관리하기 위한 전주시, 세종시 사례를 살펴 보았다. 국외사례로는 싱가포르, 미국, 영국의 사례를 통해 도시 전체 관리 및 도시계획에서 적용사례를 살펴보았다.

울산국가산업단지 내 유해화학물질 사고 예방을 위한 관리시스템은 디지털트윈을 통해 문제 인식과 해결을 위한 분석 및 시뮬레이션 플랫폼으로 활용하고 있다. 국토교통부에서는 국토정책과 공간계획 수립을 지원할 수 있는 과학적 의사결정지원 도구로 국토공간계획지원체계를 구축하여 다양한 분석 및 시뮬레이션 알고리즘을 적용하여 정책결정의 신뢰성을 확보하고 업무 효율성을 증대한다.

도시 전체에 적용한 사례로는 전주시와 세종시의 사례를 살펴보았다. 전주시에서는 디지털트윈 기반의 스마트시티 구축을 위해 3단계의 거버넌스 구축(안)을 마련하여 참여단체, 기술수준, 시민참여도를 정의하여 기술도입에 따른 거버넌스 발전방안까지 고려하였다. 세종시에서는 신도시 계획 및 설계단계, 시공단계, 운영단계의 도시생애 주기를 고려하여 도시에 당면한 문제를 해결하고 효율적 운영방안 마련을 위해 디지털트윈을 활용하였다.

싱가포르에서는 디지털트윈 구축, 분석 알고리즘 구축 및 확대, 도시 운영 적용 및 최적화의 3단계로 계획하고 이를 운영함으로써 도시문제를 해결하는데 사용하였다. 미국에서는 생산공정, 교통, 전력, 헬스케어, 홈/빌딩, 국방, 재난대응 등 분야별 구축 되어 있는 데이터를 사이버물리시스템 테스트베드와 연계하여 운영 후, 향후 통합하여 도시 전체로 확장하였다. 영국에서는 도시 계획의 초기 단계에서 디지털트윈을 이용하여 계획을 시뮬레이션함으로써 결과와 영향을 미리 확인하여 개발 위험을 최소화 하는 데 사용하고 있다.

국내외 사례를 통해 서울시에 사이버물리시스템을 구축하고 활용하기 위해서 다음과 같은 시사점을 도출하였다.

(1) 도시문제 인식 및 해결을 위한 데이터 구축, 분석 알고리즘 개발

사이버물리시스템 구축의 목적은 도시문제를 해결하는 것이기 때문에 현재 서울시에 당면한 도시문제를 인식하고, 이를 해결하기 위한 분석 알고리즘을 개발하는 것이 중요하다. 따라서 우선적으로 서울시에서 해결해야 할 도시문제가 무엇인지 살펴보고, 이를 해결할 수 있는 분석 알고리즘을 개발할 수 있는 기술력이 뒷받침되는지 검토해야 한다. 분석 알고리즘 개발과 동시에 분석에 사용되는 데이터의 구축여부를 검토하여 미구축되어 있는 데이터는 추가적으로 수집하고, 저장하는 방안을 마련해야 한다.

(2) 분야별 시스템 구축 후 도시단위로 확장

사이버물리시스템을 한 번에 도시 전체에 적용하기에는 분야별 도시문제 인식, 문제 해결을 위한 데이터 구축, 수집, 분석, 분석결과의 적용 등 범위가 방대하여 다소 무리가 있다. 이에 미국사례와 같이 분야별 사이버물리시스템 테스트베드를 운영하고, 향후 도시 전체에 적용하는 방안을 고려할 수 있다. 따라서 서울시 사이버물리시스템 구축 및 활용을 위해서 도시문제의 시급성, 기 구축된 데이터의 범위, 기 구축된 시스템의 활용성, 분석 알고리즘의 기술력 등을 고려하여 분야별 사이버물리시스템을 구축하여 운영하고, 점진적으로 서울시 전체로 확장해야 한다.

(3) 사이버물리시스템의 지속적 운영을 위한 거버넌스 구축

사이버물리시스템을 지속적으로 운영하기 위해서는 분야별 스마트시티 사업을 추진하는 부서의 협력체계가 필요하다. 현재 서울시에서는 스마트도시정책관에서 도시데이터, 플랫폼, 분석 등의 업무를 수행하고 있으며, 안전, 환경, 교통 등 다양한 분야에서 각각의 스마트도시 관련 사업을 추진하고 있다. 사이버물리시스템은 도시데이터 수집, 저장, 분석, 활용 및 도시적용까지 순환적으로 이루어져야 하기 때문에 관련 부서들의 협력체계는 필수적이다. 또한, 민간기업, 서울시민의 참여를 통해 사이버물리시스템의 활용을 증대하고 지속적으로 운영할 수 있는 거버넌스를 구축해야 한다.

03

서울시 사이버물리시스템 요구도 분석



- 1_사이버물리시스템과 관련있는 서울시 스마트도시 사업
- 2_서울시 사이버물리시스템 관련부서의 요구사항 분석
- 3_전문가 대상 사이버물리시스템 기술수요 분석

03. 서울시 사이버물리시스템 요구도 분석

1_사이버물리시스템과 관련있는 서울시 스마트도시 사업

1) 스마트도시 지원부서

스마트도시를 지원하는 주무부서는 스마트도시정책관으로 스마트도시 및 정보화기본 계획 관련 업무, 사물인터넷도시 조성 기본계획 관련 업무, 빅데이터 구축 관련 업무, 인공지능 서비스 및 공간정보시스템 구축 등에 관한 업무를 수행하고 있다.

스마트도시 및 정보화 기본계획 관련 업무와 사물인터넷도시 조성 기본계획 관련 업무는 스마트도시담당관에서 담당하고 있으며, 빅데이터 구축 관련 업무는 빅데이터담당관에서 담당하고 있다. 인공지능 전략계획 등 관련 업무는 정보시스템담당관에서 담당하고 있으며, 공간정보시스템 구축관련 업무는 공간정보담당관에서 담당하고 있다.

[표 3-1] 스마트도시정책관 과별 주요업무

구분	관련 주요업무
스마트도시담당관	<ul style="list-style-type: none"> 스마트도시 및 정보화기본계획 수립 및 조정 사물인터넷 계획 수립, 조정 및 서비스 추진
빅데이터담당관	<ul style="list-style-type: none"> 빅데이터 수집·저장·활용 총괄 조정 빅데이터 거버넌스 및 통합저장소 구축 빅데이터 분석 및 민관공동 빅데이터 플랫폼 구축 열린데이터광장 운영 및 빅데이터 개방
정보시스템담당관	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 전략계획 수립·조정 및 과제 발굴·적용 시도 행정정보시스템 운영 및 관리 행정포털, 공동행정, 메일, 문자전송 정보시스템 운영 및 고도화
공간정보담당관	<ul style="list-style-type: none"> 공간정보시스템 구축계획 수립 및 조정 3D기반 Virtual Seoul 구축·운영 항공사진의 촬영·관리·활용 지하시설물 및 지반 통합관리체계 구축·운영

구분	관련 주요업무
공간정보담당관	<ul style="list-style-type: none"> • 지도정보 플랫폼 및 스마트불편신고 구축·운영 • 통합공간정보시스템(SDW) 운영 관리
정보통신보안담당관	<ul style="list-style-type: none"> • 서울시 정보통신 기본계획 수립 및 조정 • 스마트서울 네트워크(S-Net) 구축 및 공공 와이파이 확대 • 스마트도시 CCTV 안전망안전센터 구축운영 • 정보보안 계획정책 수립 • 서울사이버안전센터 및 서울시 침해사고대응팀 운영 • 초고속정보통신망 및 행정정보통신망 운영관리

자료: 스마트도시정책관, 2020 주요 업무보고

스마트도시 발전단계별 구성요소인 데이터, 인프라, 서비스 측면으로 서울시의 담당 부서에서 추진하고 있는 사업들을 살펴보면, 데이터 측면에서는 각종 센서를 통한 도시정보 수집 및 데이터 공유와 활용을 지원하는 스마트도시담당관과 빅데이터담당관에서 추진하고 있는 IoT 데이터와 빅데이터 관련 사업을 살펴볼 수 있다.

IoT 데이터 구축사업은 IoT를 도시문제 해결 수단이자 스마트시티의 선행 조건으로 판단하고, 복잡한 도시문제 해결을 위해 IoT, 클라우드, 빅데이터, AI 등 기술 융합을 위한 일환으로 도시맞춤형 IoT 데이터 축적 및 이용 계획을 수립하였다. 이를 기반으로 IoT 인프라와 데이터를 기반으로 서울시 전역으로 스마트 서비스를 확산할 예정이다. 빅데이터 관련 사업은 빅데이터가 서울시 행정 및 민간의 혁신성장의 주요 동력원임을 인식하고 데이터 이용 활성화 기반을 마련하기 위해 공공데이터 통합 저장소, 민관 공동 빅데이터 플랫폼 등 빅데이터 분석 인프라를 구축하였다. 이를 기반으로 정책결정 지원도구로 활용하고, 민원 처리 및 다양한 시민서비스를 제공할 예정이다.

인프라 측면에서는 도시 하드웨어, 도시 전체를 연결할 수 있는 유·무선 통신 인프라, 공간정보 플랫폼 구축사업이 있다. 이중 공간정보담당관에서 추진하고 있는 서울시 공간정보 플랫폼 고도화 추진사업을 살펴볼 수 있다. 현재 추진하고 있는 3D 공간정보 플랫폼인 Virtual Seoul은 초연결, 초지능 기술 사회 핵심정보로 공간정보의 중요성과 도시문제 해결을 위한 3D 공간정보 필요성이 증대됨에 따라 다양한 도시데이터를 공간정보와 연계하여 도시문제를 해결하기 위해 구축되었다. 이는 도시계획, 건축 설계 등 의사결정 지원도구로 활용하고, 재난상황 예측 및 대응, 시설물관리, 시민서비스 제공 등에 활용될 예정이다.

데이터를 처리·분석하는 알고리즘을 바탕으로 도시문제 해결을 위한 아이디어와 서비스를 제공하는 서비스 측면에서는 스마트도시 공간정보 서비스 확산과 인공지능 전략계획 수립·조정 및 과제 발굴·적용 사업을 살펴볼 수 있다.

정보시스템담당관에서는 급속하게 변화하는 행정환경 및 다양한 수요 대응, 인공지능 기반 시정혁신 전략 마련, 민관협력에 의한 기술·수요 변화에 대응하기 위해 인공지능 기반 행정서비스를 제공하는 챗봇을 구축하였다. 이는 민원상담, 시정홍보, 행정정보 및 관광 안내 등에 활용되고 있으며, 향후 공공서비스, 시설, 물품 등 예약, 통합홍보, 평생학습 프로그램 맞춤 추천 등에 활용될 예정이다.

[표 3-2] 스마트도시 구성요소와 서울시 관련 사업 및 내용

스마트도시 구성요소	주요사업	스마트 기술 관련 내용	부서
데이터	체계적 IoT데이터 수집 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 도시데이터 센서(S-DoT) 운영 및 확대 • IoT도시데이터 시스템 고도화 및 서비스 확대 	스마트도시 담당관
	빅데이터 통합관리 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 수집·저장·제공을 위한 빅데이터 통합저장소 단계별 구축 	빅데이터 담당관
	민관공동 빅데이터 활용 활성화	<ul style="list-style-type: none"> • 민관공동 빅데이터 플랫폼 구축 	
인프라	서울시 공간정보 플랫폼 고도화 추진	<ul style="list-style-type: none"> • 항공사진·드론 활용, 도시변화에 대한 지상 공간정보 기본인프라 구축 • 2차원공간정보데이터허브 • '통합공간정보시스템(SDW)' 운영 • 3차원공간정보 '3DVirtualSeoul' 데이터 구축 	공간정보 담당관
서비스	스마트도시 공간정보서비스 확산	<ul style="list-style-type: none"> • 2D기반 지도정보 플랫폼 고도화로 시민 맞춤형 지도서비스 확대 • 3DVirtualSeoul 플랫폼 기반, 정책 결정 지원서비스 확대 • S-Map활용 민관협력 거버넌스 체계 구축 	
	인공지능 전략계획 수립·조정 및 과제 발굴·적용	<ul style="list-style-type: none"> • 하수관로 결함 AI 자동탐지를 위한 학습데이터 구축 및 알고리즘 개발 • 인공지능 과제 발굴 및 시정도입 확산 추진 	정보시스템 담당관

서울시 스마트도시 지원사업 중 사이버물리시스템의 구성요소와 관련이 있는 것으로는 IoT 데이터, 빅데이터, 3D 공간정보, 인공지능 기반 의사결정이 있다. IoT 데이터는 서울시 IoT 도시데이터 시스템 구축사업을 통해 현재 운영 중인 IoT 데이터의 종류, 활용 및 관리 현황과 향후 계획을 살펴보았다. 빅데이터는 서울시 빅데이터 저장소 구축사업을 통해 빅데이터 구축, 분석 및 활용, 시정지원 현황과 향후 계획을 살펴보았다. 3D 공간정보는 서울시 버추얼 서울 구축사업을 통해 공간정보 데이터 구축, 응용 및 활용, 서비스 현황을 살펴보고 향후 플랫폼 활용 및 서비스 제공 계획을 검토하였다. 인공지능 기반 의사결정은 기술적용, 활용 및 서비스 현황과 향후 계획에 대해 검토하였다.

[표 3-3] 사이버물리시스템 관련 주요사업

구분	사업명	조사내용
IoT 데이터	서울시 IoT 도시데이터 시스템 구축사업	• 현재 운영 중인 IoT 데이터 및 향후 구축해야 할 데이터
빅데이터	서울시 빅데이터 저장소 구축사업	• 빅데이터 분석을 통한 도시문제 해결 및 의사결정 지원현황
3D 공간정보	서울시 버추얼 서울 구축사업	• 현실세계의 모습을 가상공간에 투영할 수 있는 공간정보 수준 및 활용방안
인공지능	인공지능 서비스	• 인공지능 기술을 활용한 서비스 제공 현황

2) 사이버물리시스템 관련 주요사업

(1) IoT 도시데이터

IoT 도시데이터는 센서 구축, 데이터 관리시스템, 활용현황, 시민서비스 측면으로 나누어 살펴보았다.

[표 3-4] IoT 도시데이터 구축현황

구분	내용
IoT 도시데이터 센서	분야별 센서 설치 현황, 자치구별 설치 현황
IoT 기반 도시데이터 관리시스템	관리시스템 구축 및 운영
IoT 도시데이터 활용현황	데이터 활용현황
시민서비스	IoT 도시데이터 분석 및 시민서비스 제공 현황

① IoT 도시데이터센서(S-DoT)

서울시에서는 스마트도시 구축을 위한 기초적인 도시인프라이자 예방적 차원의 도시 문제 대처를 위해 도시데이터를 수집 및 활용하는 IoT 도시데이터 센서를 설치하고 있다. 도시 곳곳에 IoT 센서를 설치하여 교통, 안전, 환경 등 도시문제를 진단하고 대응하기 위해 교통·주차분야 21,517개, 기상·대기분야 120개, 오염·수질분야 782개, 재난·안전분야 880개, 기타 546개가 설치되어 있다.

[표 3-5] 서울시 센서 계측기 현황

구분	서울시 센서계측기 현황
재난·안전	264개소 880개(하천수위, 강우량, 지진, 풍향/풍속, 화재감지등)
오염·수질	293개소 782개(수질 측정)
기상·대기	114개소 120개(대기측정, 기상측정, 오염물질)
교통·주차	1,416개소 21,517개(따릉이, 주차검지, 교통량 검지)
기타	418개소 546개(소음, 에너지, 위치확인)

출처: 서울시, 2018, 스마트서울 실현을 위한 사물인터넷 도시 조성 기본계획

서울시에서는 2018년부터 IoT 도시데이터 센서 설치를 시작으로 2022년까지 서울 전역에 5만여 개의 센서 설치를 목표로, 도시데이터 복합센서 14,000개소, 지하시설 및 화재방지를 위한 방재센서 17,400개소, 공기질 센서 18,600개소를 설치할 예정이다.

현재 서울시 IoT 도시데이터는 자동심장충격기 관리, 전통시장 화재감지, 유동인구 분석, 지하도 상가 실내 GPS, 어린이집 실내공기질 측정, 스마트 보안등, 정화조 약취저감 감시, 캠핑장 안전사고 방지, 장애인 콜택시 관리, 도시데이터 센서의 10개 서비스 제공을 위해 이와 관련된 다양한 데이터를 수집하고 있다. 또한 IoT 센터에서는 태양광 전자잉크 안내판, 청정공기 휴게공간, 대중교통 환승서비스, 스마트 도시형 LED등, 실내외 환경 모니터링의 5개 서비스를 제공하기 위해 다양한 데이터를 수집하고 있다([표 3-6] 참조).

[표 3-6] 서울시 IoT 도시데이터 수집 현황

기관	서비스명	수집자료
서울시	자동심장충격기 관리	온도, 습도, 시스템오류, 문열림, 응급사용, 배터리경보
	전통시장 화재감지	감지(연기, 온도), 배터리
	유동인구 분석	방문인원, 체류시간
	지하도 상가 실내 GPS	송출파워, 송출위치, Delay, RF상태, 동기상태
	어린이집 실내공기질 측정	온도, 습도, 미세먼지, 초미세먼지, VOCs, 이산화탄소
	스마트 보안등	점소등편차, 심야소등시간, 디밍(시간, 값), 고장사유
	정화조 악취저감 감시	디바이스상태, 악취저감장치상태, 연속OFF시간
	캠핑장 안전사고 방지	배터리, 연기, 온도, 습도, 일산화탄소, 이산화탄소, GPS, 조명, 벨알람
	장애인 콜택시 관리	주행상태, 주행시간, 누적거리, 지수(안전운전, 과속), 연비
도시데이터 센서(S-DoT)	미세먼지, 온도, 습도, 조도, 소음, 진동, 자외선, 풍향, 풍속, 지역명, 방문자수	
IoT 센터	태양광 전자잉크 안내판	온도, 습도, 미세먼지, 방문자수
	청정공기 휴게공간	온도, 습도, 풍속, 미세먼지
	대중교통 환승서비스	운행기록, 상태, 위치 등
	스마트 도시형 LED등	온도, 습도, 동작, 배터리, 일조량
	실내외 환경 모니터링	미세먼지, 휘발성유기화합물, 이산화탄소, 이산화황, 온도, 습도, 조도

자치구청에서도 다양한 서비스를 제공하기 위해 IoT 도시데이터를 수집 중에 있다. 구로구에서는 AI 실내 공기질 개선, 스마트 교차로 알리미 서비스 제공을 위해 온도, 습도, 미세먼지, 교차로 진입 차량수 및 속도 등의 도시데이터를 수집하고 있다. 금천구에서는 IoT 악취저감, 스마트플러그 어르신 돌봄 서비스 제공을 위해 복합 악취센싱 값, 사용전력량, 조도 등의 데이터를 수집하고 있다. 동작구, 성동구에서는 스마트 횡단보도 서비스를 제공하기 위해 신호감지회수, 집중조명, 바닥신호등의 데이터를 수집하고 있다. 마포구에서는 도서관 공기질 현황, 도서관 이용객 패턴분석, 도서관 주차현황 알림 서비스를 위해 온도, 습도, 미세먼지, 소음, 이산화탄소, 유동인구수, 주차여부 등의 데이터를 수집하고 분석한다. 또한 성동구에서는 성수 IoT 스트리트 랩 서비스를 위해, 영등포구에서는 공공시설 실내 환경 개선을 위해 온도, 습도, 미세먼지, 초미세먼지 등의 데이터를 수집하고 있다. 양천구에서는 장애인 전용 주차구역

불법 주정차 관리, 맞춤형 스마트 보안등, 스마트플러그 어르신 돌봄 서비스 제공을 위해 불법주정차정보, 소등시간, 사용전력량 등의 데이터를 수집한다. 또한, 중랑구, 강북구, 노원구, 광진구에서는 맞춤형 스마트 보안등의 서비스를 제공하고 있다.

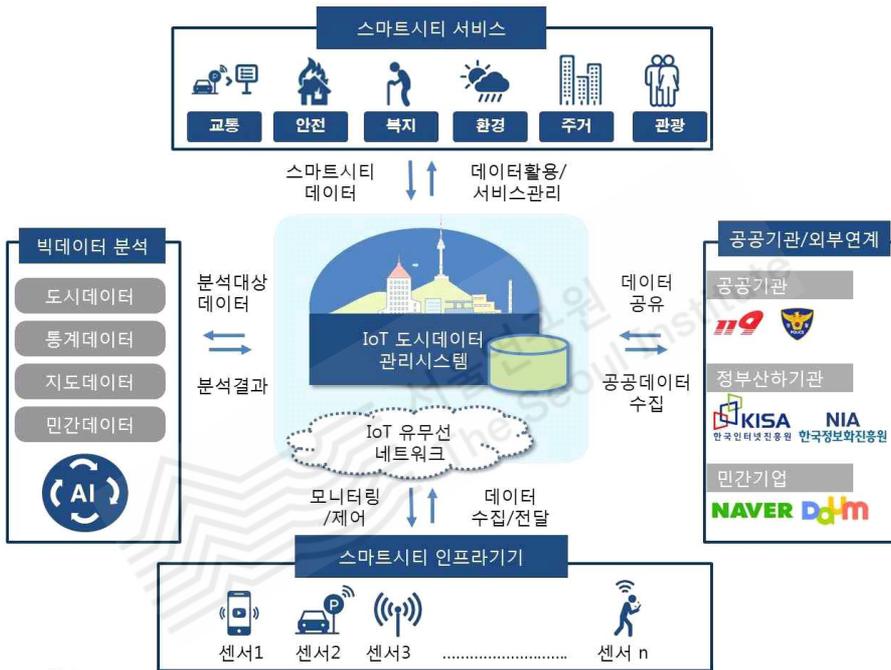
[표 3-7] 자치구별 IoT 도시데이터 수집 현황

기관	서비스명	수집자료
구로구	AI 실내 공기질 개선	온도, 습도, 미세먼지, 분사횟수
	스마트 교차로 알리미	교차로(1~4)별 진입 차량수, 속도
금천구	IoT 악취저감	센싱 시간, 복합 악취센싱 값
	스마트플러그 어르신 돌봄 서비스	TV, 밥솥 등 사용전력량, 조도
동작구	스마트 횡단보도	감지회수(적, 녹, 점멸 시), 시각장애인 신호 감지회수
마포구	도서관 공기질 현황	온도, 습도, 미세먼지, 소음, 이산화탄소, VoCs
	도서관 이용객 패턴분석	유동인구수
	도서관 주차현황 알림	주차여부
성동구	성수 IoT스트리트 랩_실내·외	온도, 습도, 미세먼지, 초미세먼지, VOCs, 이산화탄소
	스마트 횡단보도	집중조명, 바닥신호등, 음성안내
영등포구	공공시설 실내 환경 개선	온도, 습도, 초미세먼지, 미세먼지, TVOC, CO2
양천구	장애인 전용 주차구역 불법 주정차 관리	불법주정차정보
	맞춤형 스마트 보안등	점소등 편차, 심야 소등시간, 디밍(시간, 값), 고장사유, 미세먼지동작상태
	스마트플러그 어르신 돌봄 서비스	TV, 밥솥 등 사용전력량, 조도
중랑구, 강북구, 노원구, 광진구	맞춤형 스마트 보안등	점소등 편차, 심야소등시간(시작, 적용, 해제), 디밍(시간, 값), 고장사유

이 외 서울 성동구에서는 국내 처음으로 지하공간 안전관리 시스템을 도입할 예정이다. 지하공간 안전관리시스템은 지하매설물(상하수도관과 철도 지반, 지하수 유입로 등) 내의 감지센서로 지질환경, 지하수 분포·변화 상황 등을 실시간 측정 및 관리할 방침이다. 이러한 사물인터넷 인프라를 기반으로 도시문제 해결 및 시민 편의 서비스를 확대한다.

② IoT 기반 도시데이터 관리시스템 구축

서울시 내 설치된 도시데이터 센서에서 전송되는 IoT 데이터를 모아 도시 문제점을 사전에 진단하고 대처할 수 있도록 도시의 수치화를 위해 도시데이터 관리시스템을 구축하였다. 도시데이터 관리시스템 추진방향으로는 스마트시티에서 공통적이고 기준이 되는 도시데이터 관리 및 공유체계를 마련하고 스마트시티에서 다뤄지는 모든 IoT 도시데이터의 게이트웨이 역할을 수행하고자 한다. 이를 통하여 내부 행정업무에서는 IoT 도시데이터의 공유 및 시정 활용도를 제고하고 시민서비스로는 외부 데이터시스템과 연계, 시민에게 IoT 도시데이터를 제공하고자 한다.



출처: 서울시, 2018, 스마트서울 실현을 위한 사물인터넷 도시 조성 기본계획

[그림 3-1] 단계별 IoT 도시데이터 시스템 개발

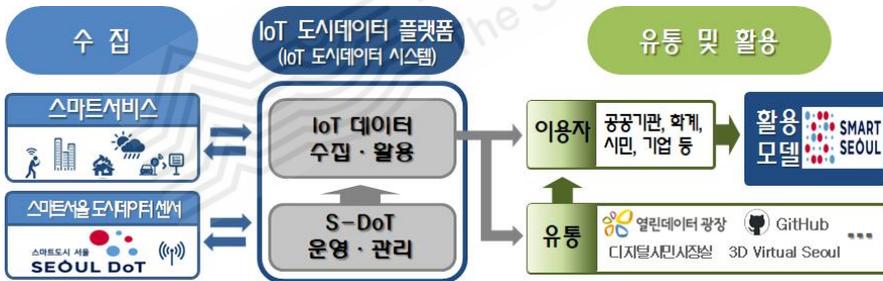
서울시 스마트도시담당관에서는 스마트도시 조성에 필요한 IoT 도시데이터의 수집·유통·활용 체계 구축을 위해 2018년부터 2020년 현재까지 3단계에 걸친 사업을 추진 중에 있다. 1단계 IoT 도시데이터 수집 기반 구성 단계에서는 데이터베이스 설계 및 구축, 데이터 송·수신 관리 SW 개발을 하였으며, 2단계 IoT 도시데이터 관리·유통 체계 구축 단계에서는 데이터 관리기능 구현, 수집 개선, 유통 체계 구성 및 SW

개발을 하였다. 마지막 3단계인 분석·활용 체계 구축 단계에서는 시 전체 IoT 데이터의 수집·유통을 위한 IoT 데이터 활용 플랫폼 구축을 통해 스마트시티 서비스를 제공하고자 한다.

[표 3-8] IoT 도시데이터 관리시스템 구축 단계

단계	구분	내용
1단계 ('18)	수집·저장 위한 DB 구축	- 데이터베이스 설계: 공통데이터, 핵심데이터, 메타데이터 형식 설계 - 데이터베이스 구축: IoT 시범사업(14개)에 대한 자료 수집
2단계 ('19)	분류·제공 위한 유통시스템 구축	- 도시데이터 주제별(교통, 복지, 환경, 안전 등) 분류 체계 구축 - 수집 데이터 대상 및 분야 확대: '22년까지 500종 IoT 데이터 수집 - 도시데이터의 통합검색 및 시각화 기능 구현 - 열린데이터 광장으로 데이터 연계 및 제공
3단계 ('20~'22)	활용체계 구축	- 내부 활용체계: 시정 맞춤형 정책 도시데이터 구성·제공, 주제별 시각화(그래프, 지도 등) 및 통계(엑셀, 텍스트 자료) 데이터 생성·제공을 통한 정책 도시데이터 활용도 제고 - 외부 공개체계: 각종 데이터 분석 및 통합을 통한 도시 빅데이터 구성, 플랫폼을 통한 시민 공개

출처: 서울시, 2018, 스마트서울 실현을 위한 사물인터넷 도시 조성 기본계획

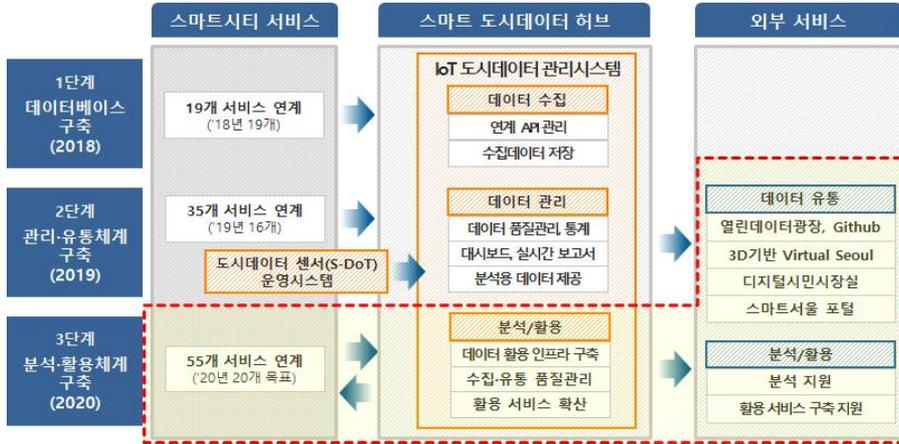


출처: 서울시 2020년 IoT 도시데이터 시스템 고도화 사업 제안요청서(2020)

[그림 3-2] IoT 도시데이터 시스템 개념도

그동안 서울시와 산하 투자·출연기관, 자치구에서 각각 관리했던 도시데이터를 IoT 도시데이터 시스템에 수집하여 분석·활용할 수 있도록 한다. 또한 새로 설치한 스마트센서 중에서는 미세먼지, 소음, 조도, 온도, 습도, 자외선, 진동, 풍향, 풍속, 유동인구 등 10종의 데이터를 한 번에 수집할 수 있는 '도시데이터 센터(S-DoT, Smart Seoul Data of Things)'가 있다. 이렇게 수집한 데이터는 열린데이터광장, GitHub,

Virtual Seoul(IoT 도시데이터를 수집·저장하고 빅데이터, 공간정보와 연계 추진), 디지털시민시장실, 스마트서울포털 등을 통해 외부로 유통하여 활용할 수 있도록 한다.



출처: 서울시 2020년 IoT 도시데이터 시스템 고도화 사업 제안요청서(2020)

[그림 3-3] 단계별 IoT 도시데이터 시스템 개발

③ IoT 도시데이터 활용현황

사물인터넷 인프라를 기반으로 시 전역으로 스마트 서비스 제공을 확산하고 있다.

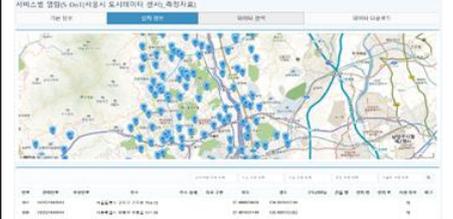
[표 3-9] 시민 체감 사물인터넷 서비스

분야	사업내용	비고
안전	전통시장 화재감지	21년까지 350개소 확산
	지하상가 안전사고 예방	21년까지 서울시 전체 확산
사회적 약자 지원	어린이집 실내 공기질 측정	21년까지 6,266개소 18,000대 확산
교통·주차	공영주차장 주차정보 관리	22년까지 서울시 전체 확산
	차량주행·상태정보 관리	20년까지 장애인 콜택시 480대 22년까지 관용차량 1,050대

출처: 서울시, 2018, 스마트서울 실현을 위한 사물인터넷 도시 조성 기본계획

서울시의 사물인터넷 사업은 다양한 실증(시범)서비스를 진행한 바 있으며, 이외에 사물인터넷 리빙랩 조성, 실증 사업 등을 수행하고 수집되는 IoT 데이터의 활용을 위한 서비스 발굴, 사업화 등의 도시정보플랫폼 사업을 진행 중에 있다.

사물인터넷 구축의 추진 방향으로 도시 곳곳 IoT센서를 통해 도시문제를 진단하는 도시 플랫폼 IoT 도입, 스마트시티 구현을 위한 적정 규모의 IoT 전용망 확보, IoT 도시데이터를 수집·저장하고 빅데이터, 공간정보와 연계 추진하고자 한다.

	
<p>IoT 설치 위치 및 수집 데이터 검색·다운로드</p>	<p>센서 조회 서비스: 실시간 수치 및 측정자료 조회</p>
	
<p>서비스별 시각화: 차트 그래프 작성</p>	<p>통계분석 서비스: 유동인구 실시간 측정, 방문자 조회</p>

[그림 3-4] 서울시 IoT 도시데이터 사업 진행 현황

[표 3-10] GPS 위치정보를 이용한 실내·지하도 IoT서비스

내용	서비스 예시
<ul style="list-style-type: none"> - IoT서비스용 실내 GPS신호 제공 인프라(25개 지하상가) 활용 - 지상에서 적용된 IoT서비스를 실내 및 지하로 이용 확대 	<ol style="list-style-type: none"> ① 상황인지형 긴급 대피 안내 ② 지능형 화재 감시 ③ 자동심장충격기(AED) 위치 정보 및 상태체크 ④ 지하 공기질 관리 ⑤ 지하공간 에너지 관리 ⑥ IoT 물품보관(스마트박스) ⑦ 지하도 유동인구 분석 ⑧ 여성화장실 범죄 예방 ⑨ 지하도 위치정보 및 출입구 방향 정보 ⑩ 지하공간 물품 위치 정보 ⑪ 지하(실내) 치매어르신 및 실종 아동 찾기

출처: 서울시, 2018, 스마트서울 실현을 위한 사물인터넷 도시 조성 기본계획

(2) 빅데이터

빅데이터 사업은 빅데이터 플랫폼 구축 등 기반을 조성하고 공공데이터에 대한 개방 및 분석을 지원하기 위한 빅데이터 캠퍼스 운영과 더불어 서울시정 지원을 위한 빅데이터 분석 및 관련 정책을 지속적으로 제공하고 있다. 이외에도 첨단기술인 블록체인 및 인공지능의 서울시 행정 활용 등 다양한 사업을 진행 중에 있다.

빅데이터는 도시에서 발생하는 다양한 활동과 정보를 실시간, 대용량으로 수집하고 분석하여 도시 운영에 과학적인 의사결정 및 정책수립을 지원할 수 있는 스마트시티의 중요한 요소다.

이에 서울시에서는 2013년부터 빅데이터를 구축하고 활용해 왔으며, 2013년(1단계)에는 빅데이터 공유·활용 기반을 조성하고 실효성을 검증하기 위해 빅데이터를 활용하여 심야버스 노선의 최적경로를 도출하였다. 2014년(2단계)에는 시정 전반에 빅데이터 분석 기법을 도입하기 위해 건물 입지분석, 관광마케팅 정책 지원, 교통감소 정책지원, 시설물 적정 위치 분석 등 다양한 분야의 정책결정을 지원하였다. 2015년(3단계)에는 안전, 복지, 경제, 환경 등 시민생활과 직결된 분야에 빅데이터 분석을 활용하여 대시민 서비스로 확대하였으며, 이로 인해 시정 현안 해결 주체로서 빅데이터 활용 거버넌스 체계를 확립하였다.

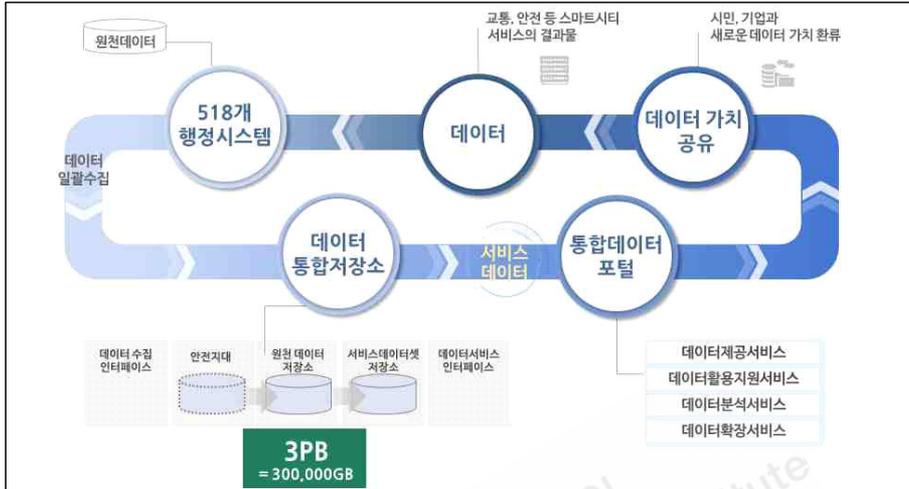
이후 2016년에는 서울시 빅데이터 캠퍼스를 구축하여 공유 자전거 이동경로 분석 등 448개 빅데이터 분석 프로젝트를 추진하였으며, 2018년에는 스마트 도시데이터 시스템으로 시 전역에 14,000개의 센서에서 도시데이터를 수집하였다. 2019년에 도시데이터와 더불어 행정정보시스템의 데이터 등 공공데이터 통합 저장소를 구축하여 행정데이터를 전면 개방하고, 이 외 민간 협력을 통해 빅데이터 수집-저장-가공-활용-개방의 단계별 서비스를 제공한다.

① 빅데이터 구축현황

서울시 빅데이터통합저장소는 서울시의 다양한 공공데이터 수집과 체계적인 분류를 통하여 공공데이터의 통합적 제공을 진행하고 있다. 데이터 유형은 정형 및 반정형 데이터를 수집 통합하고 있으며 분야별로는 시설/안전/환경교통 등이 해당된다.

빅데이터 통합저장소는 데이터 형태의 행정정보를 수집하여 한 곳에 저장하고 사용자가 필요한 시점에 원하는 정보 형태로 제공하는 빅데이터 인프라 시스템(2020 스마트도시 및 정보화 시행계획)으로, 518개의 행정정보시스템 전체의 데이터를 수집하고

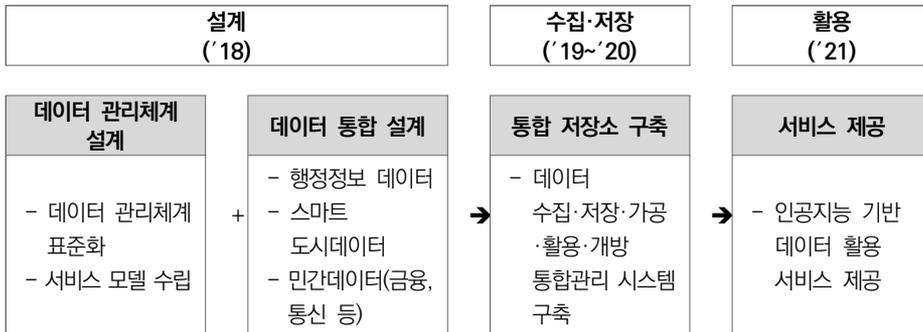
저장 및 활용할 수 있다. 빅데이터 통합저장소는 데이터 수집·저장·활용 등 관리체계를 일원화하여 행정효율성을 향상시키고, 데이터 표준화 및 품질관리를 통해 활용가치가 높은 데이터를 제공한다.



출처: 서울시 2020 스마트도시 및 정보화 시행계획

[그림 3-5] 빅데이터 통합저장소 기반의 데이터 흐름

공공데이터 통합 저장소는 2018년에 데이터와 데이터 관리체계를 설계하고, 2019년~2020년에 통합 저장소를 구축 및 데이터를 저장하고, 2021년에 이를 활용하여 서비스를 제공할 예정이다. 공공데이터 통합 저장소에 수집된 정보는 2019년 142개, 2020년 408개, 2021년 468개(시), 2022년 518개(투자출연)로 계획되어있다.



출처: 서울시정4개년계획

[그림 3-6] 공공데이터 통합 저장소 구축 과정

민관 공동 빅데이터 플랫폼은 민관 고품질의 분석용 원천 데이터를 수집·융합·분석·활용·유통하기 위한 플랫폼으로 데이터 교류와 공유를 활성화하기 위해 구축되었다. 특히, 공공과 통신, 금융, 소비 등 민간 데이터 교류를 통해 공공에서는 시민 생활과 밀접한 정책을 수립할 수 있으며, 민간에서는 기업 활동과 창업을 지원할 수 있다.

② 빅데이터 플랫폼

빅데이터 플랫폼은 데이터 수집·분석·개방을 통해 데이터 이용 활성화 기반을 마련하기 위해 구축된 것으로 추진방향은 공공데이터 통합 저장소를 구축하여 활용성에 기반한 데이터 전면 개방과 빅데이터 수집·분석·활용·유통 활성화를 위한 민관 협력 강화다. 이에 따라 2018년 민관 데이터 거버넌스 TF를 구성하여 금융, 유통, 통신, 포털 등과 데이터 공유 및 융합하여 시범서비스를 개방한다.



출처: 서울시 2020 스마트도시 및 정보화 시행계획

[그림 3-기] 민관 공동 빅데이터 플랫폼 서비스 제공 내용

서울시는 2018년부터 순차적으로 공공데이터를 개방하고 있으며, 2018년에는 80개의 정보시스템 내 공공자전거 이동경로, 교통상황 예측 등 시민 선호도가 높은 실시간 데이터를 개방하였다. 2019년에는 180개 정보시스템 내 개방수요가 높고 열린데이터 광장에 신규 연계가 필요한 데이터로 교통상황 분석, 지하수 관측, 상수도 수질 측정, 대중교통 환승, 건물 DB 등의 데이터를 개방하였다. 2020년에는 173개의 정보시스템 내 개인정보 등 일부 제한된 데이터로 스마트카드, 민원상담, 공공자전거 주행정보 등 비식별화가 필요한 데이터를 개방하였다.

[표 3-11] 연도별 공공데이터 개방

년도	정보 시스템	개방 데이터
2018	80	- 공공자전거 이동경로, 교통상황 예측 등 시민 선호도 높은 실시간 데이터
2019	170	- 개방수요가 높고 열린데이터 광장에 신규 연계가 필요한 데이터 - 교통상황분석, 지하수 관측, 상수도 수질 측정, 대중교통 환승, 건물 DB 등
2020	173	- 개인정보 등 공개가 일부 제한된 데이터 - 스마트카드, 민원상담, 공공자전거 주행정보 등 비식별화가 필요한 데이터

2021년부터는 외부 공공기관 데이터 수집·연계·제공 서비스 및 실시간 데이터를 제공하고, 공공데이터 실수요를 확인하여 실수요자 중심 데이터 서비스를 제공하는 등 공공데이터 활용 활성화를 위한 서비스를 확대할 예정이다.

③ 빅데이터 활용현황

빅데이터는 분석결과는 다양한 현장민원 시계열 분포 지도 시각화를 통한 현장민원 업무 수행, 지역 정책수요의 종합적 판단이 가능한 참여예산사업 지도 제공 등 현장민원, 정책수요에 대한 종합적 판단과 의사결정 지원도구로 활용한다.

[표 3-12] 빅데이터 분석결과를 적용한 시각화 서비스 내용

현장민원 지도(불법주정차, 강남구)		참여예산사업 지도	
행정동	상세지역	현재	콘텐츠 시각화
			

출처: 서울시 스마트시티 추진계획(2019)

(3) 3D 기반 버추얼 서울(Virtual Seoul)

3D 기반 버추얼 서울은 서울시 전역에 대한 스마트시티 3D지도 S-Map을 구축하고 이를 활용한 공간정보 플랫폼으로 현실세계와 같은 가상세계로 다양한 도시정보를 연계하고, 모의실험을 통한 도시정책 결정 지원, 도시문제 해결 서비스를 제공하기 위해 구축되었다.

버추얼 서울은 서비스, 플랫폼, 데이터, 거버넌스로 구성되어 있으며, 서비스는 서비스 확정성을 보장하고, 수요자 맞춤형 환경과 사용 편리성을 제공한다. 플랫폼은 One Source-Multi Service를 제공하고, 재사용성을 지원하며, 컴포넌트 기반으로 설계되었다. 데이터는 3D 표준지도를 제공하고, 데이터를 통합관리하며, 최신성을 유지하도록 한다. 거버넌스는 효율적인 운영을 위한 업무절차 및 가이드를 제공하고, 운영환경의 유연성을 확보하며, 자원을 통합관리 할 수 있다.

	2020년	2021년	2022년
서비스	- 버추얼 서울 6개 서비스 제공 (도시계획, 시민참여, 환경, 안전 등)	- 기존 서비스 고도화 - 신규 2개 서비스 추가 제공 (시설물관리, 도시계획)	- 기존 서비스 고도화 - 신규 2개 서비스 추가 제공 (지하시설물관리, 문화)
플랫폼	- Virtual Seoul 행정시스템 고도화	- Virtual Seoul 행정시스템 고도화	- Virtual Seoul 행정시스템 고도화
데이터	- 단계별 DB 구축	- 단계별 DB 구축	- 단계별 DB 구축
거버넌스	-	- 오픈랩 구축 및 운영 - 협의체 운영	- 오픈랩 운영 고도화

[그림 3-8] 3D 기반 버추얼 서울(Virtual Seoul) 추진일정

① 공간정보 데이터 구축현황

현재 구축되어 있는 데이터는 실외, 실내, 지하공간으로 실외는 항공영상, 3D지형정보(605.23km²), 3D건물모델(약 60만 동), 시설물 일부, 실내는 시청, 공공건물, 지하철 역사 등 490개소, 지하공간은 상·하수도, 가스 등 6대 지하시설물이다. 해상도는 8cm 급이며, 대민서비스는 25cm급으로 구축되었으며, 데이터의 종류는 실감정사영상, DSM⁴⁾, DEM⁵⁾, 3차원 건물모델로, 데이터는 자동화 구축 기술을 통해 2년 주기로 갱신할 예정이다.

4) 수치표면모델(Digital Surface Model): 수목, 건물, 인공구조물 등을 제외한 지형만을 3D 형태로 표현한 공간정보

5) 수치표고모델(Digital Elevation Model): 지형, 수목, 건물, 인공구조물 등을 3D 형태로 표현한 공간정보

② 응용 및 활용, 서비스 현황

버추얼 서울은 현재 3D 기반 도시공간의사결정지원 체계 구축, 스마트 도시정책지원을 위한 부서협업 모델 개발, 시범구축 등에 활용되고 있다. 3D 기반 도시공간의사결정지원 체계에서는 도시계획에서 분석기능을 개발하고, 도시계획 위원회 운영시스템과 연계하며, 도시바람길 시뮬레이션에 활용한다. 도시계획 분석기능은 경사도 분석, 스카이라인 분석, 가시권 분석 일조권 분석 등을 개발하였으며, 이는 도시계획국, 주택국, 도시재생본부에서 활용한다. 도시계획 위원회 운영시스템 연계는 기존 위원회 통합관리시스템을 버추얼 서울 도시계획심의와 연계하여 활용하는 것으로 도시계획과, 상임기획단, 도시관리과에서 활용한다. 도시바람길 시뮬레이션은 식생, 토지피복도, 지형자료, 건물 높이 및 면적비, 풍향 및 풍속을 활용하여 바람길을 시뮬레이션하는 것으로 수도권기상청, 푸른도시국, 기후환경본부에서 활용한다.

스마트 도시정책지원을 위한 부서협업에서는 도시설계공모 플랫폼과 창동상계의 시민참여형 온라인 플랫폼을 구축하고, 서울식물원 안내지도 웹서비스를 개발하여 활용한다. 도시설계공모 플랫폼은 서울시 도시설계 및 공공 건축물 설계 공모 시 지원자들의 설계를 가상으로 볼 수 있도록 3D 모델링을 구축할 수 있는 플랫폼을 지원하는 것으로 도시공간개선단에서 활용한다. 창동상계 시민참여형 온라인 플랫폼은 창동상계 지역의 시민참여형 도시계획을 수립하기 위해 도시계획 심의 3D 모델 경관분석기능을 통해 시민에게 도시경관을 선택할 수 있도록 하는 것으로 동북권사업과에서 활용한다. 서울식물원 안내지도 웹서비스는 서울식물원을 실내외 3D 지도로 구축하여 시민들에게는 서울식물원 정보 및 관광코스 체험서비스를 제공한다. 또한, 서울식물원 시설물 관리자에게는 시설물 속성정보 및 현황정보 제공을 통해 관리할 수 있도록 하며, 이는 서울식물원과 서남권사업과에서 활용한다.

이 외 시범사업으로는 IoT 소방센서 설치 시설물 실내공간정보 구축, 돈의문 박물관 거리뷰 서비스, 정밀도로지도 가시화, BIM 3차원 구축 및 경량화 서비스가 있다. IoT 소방센서 설치 시설물 실내공간정보 구축은 소방재난본부에서 기 실행 중인 IoT 기반 실시간 소방시설 관리 사업과 버추얼 서울의 실내지도 기반 실시간 정보표출을 연계하여 모니터링하는 것이다. 돈의문 박물관 거리뷰는 돈의문 박물관 마을 전역 약 9,650㎡의 거리를 파노라마 사진을 통해 거리뷰 서비스를 제공하는 것으로 한국국토정보공사와 문화정책과에서 활용한다. 정밀도로지도 가시화는 도로유형, 차로 중심선 등 도로노면과 과속방지턱, 신호기 등 도로시설물의 15종 속성정보를 가시화한 것으로

국토지리정보원, 교통운영과, 도로계획과에서 활용한다. BIM 3차원 구축 및 경량화 서비스는 준공승인의 BIM 자료를 3D 실내의 통합모델로 변환하고 항공사진 3D 가상 콘텐츠 데이터셋과 통합하여 버추얼 서울 플랫폼을 통해 가시화할 수 있도록 한 것으로 건축기획과와 서남권사업과에서 활용한다.

[표 3-13] 3D 기반 Virtual Seoul 시스템 활용

구분	내용	활용부서
3D 기반 도시공간의사결정지원 체계 구축	도시계획 분석기능 개발	도시계획국 4개부서, 주택국 3개부서, 도시재생본부 2개부서
	위원회 운영시스템 연계	도시계획과, 상임기획단, 도시관리과
	도시바람길 시뮬레이션	수도권기상청, 푸른도시국 3개부서, 기후환경본부 2개부서
스마트 도시정책지원을 위한 부서협업 모델 개발	도시설계공모 플랫폼 구축	도시공간개선단
	창동상계 시민참여형 온라인 플랫폼 구축	동북권사업과
	서울식물원 안내지도 웹서비스 개발	서울식물원, 서남권사업과
시범구축	IoT 소방센서 설치 시설물 실내공간정보 구축	소방재난본부
	돈의문 박물관거리뷰 서비스	한국국토정보공사, 문화정책과
	정밀도로지도 가시화	국토지리정보원, 교통운영과, 도로계획과
	BIM 3차원 구축 및 경량화 서비스	건축기획과, 서남사업과

③ 플랫폼 활용, 서비스 제공 계획

현재 버추얼 서울 플랫폼은 2단계 추진 중이며, 2단계는 S-Map(Virtual Seoul) 플랫폼 활용 확대 측면과 S-Map 대민서비스 확대 측면으로 진행될 예정이다. S-Map 플랫폼 활용 확대에서는 도시공간의사결정지원 기능 확대, 바람길 정보를 활용한 도시기후 분석·모델 개발, 버추얼 서울 데이터 개방체계 구축 및 활용 촉진, 집단지성 기반 오픈랩(Open Lab) 구축을 진행할 예정이다. S-Map 대민서비스 확대는 반응형 웹 서비스, 보행취약지역 안전정보서비스, 문화재 및 관광콘텐츠 서비스, 시민 참여를 위한 3D 가상구축체험서비스, 실감형 가상현실 체험서비스의 5가지 서비스를 확대 제공할 예정이다.

[표 3-14] 3D 기반 버추얼 서울 플랫폼 활용 및 서비스 제공 계획

구분	내용
S-Map 플랫폼 활용 확대	도시공간의사결정지원 기능 확대
	바람길 정보를 활용한 도시기후 분석 모델 개발
	버추얼 서울 데이터 개방체계 구축 및 활용 촉진
	집단지성 기반 오픈랩(Open Lab) 구축
S-Map 대민서비스 확대	반응형 웹 서비스
	보행취약지역 안전정보서비스
	문화재 및 관광콘텐츠 서비스
	시민 참여를 위한 3D 가상구축체험서비스
	실감형 가상현실 체험서비스

(4) 인공지능(AI) 기반 행정서비스 구축 운영

서울시 정보시스템담당관에서는 4차 산업혁명의 핵심동력인 인공지능 기술의 시정 도입을 통해 행정 혁신, 맞춤형 시민서비스를 제공하고 AI 산업발전에 기여하기 위해 2018년부터 인공지능 관련 서비스를 개발하고 있다.

추진방향은 기술발전 속도 반영하여 가능 범위에 우선적용, AI 학습을 통해 지속 고도화를 위해 완성도 높은 기술 우선 발굴, 적정 영역 도입을 통한 조기 성공모델 확산이다. 또한 AI 수요증가에 대한 체계적 대응 및 타 서비스로의 확장성을 고려하여 모든 AI 사업 추진 시 모듈 추가형 플랫폼화를 우선 지향하여 AI 시정도입 확산을 위한 지능형 통합 플랫폼 구축보급한다. 마지막으로 행정분야 AI 학습데이터 민간 개방을 통해 AI 기술 발전 및 공공서비스 개발 촉진하고 인공지능 생태계 조성에 기여한다.

[표 3-15] 연도별 인공지능 기반 서비스 구축 현황

년도	구분	내용
2018	인공지능 챗봇 구축 등 정보화전략계획 수립	- 상담, 예약, 추천, 홍보 등 선도과제 발굴 - 지식DB 구축방안, 챗봇 발전 방향 등 도출
	인공지능 챗봇 120상담 분야 시범구축	- 행정정보 안내(310종), 현장민원 접수(62종) 등 챗봇 적용
2019	120상담 챗봇 '톡톡 120' 오픈('19.5.20)	
	120상담 챗봇 고도화 추진	- 행사, 이벤트 안내 등 정보제공 범위 확대 - 이용자 질의답변 정확도 개선 등
	인공지능 회의록지원시스템 구축	- 음성인식 성능향상을 위한 행정용어 학습 - 시스템 개발, 기획상황실 시범적용 등

년도	구분	내용
2020	서울시 대표챗봇 '서울톡' 오픈 및 확대	- 120상담챗봇 고도화를 통해 대표챗봇 '서울톡'으로 확대 오픈('20.2.1) - 축구장, 회의실 등 대여 신청을 지원하는 예약안내 챗봇 구축
	인공지능 회의록지원시스템 기능 개선	- AI 데이터 학습솔루션 도입 및 인식을 평가 모듈 구축 - 공공서비스 예약시스템에 모바일 음성예약 기능 시범 적용
	인공지능 기반 하수관로 결함탐지 학습데이터 구축(1단계)	- 하수관로 결함탐지 학습데이터 총 4만 건 이상 구축 및 AI 알고리즘 적용

2_서울시 사이버물리시스템 관련부서의 요구사항 분석

서울시에서 추진 중인 스마트도시 지원사업 중 사이버물리시스템 구축과 가장 밀접하게 연관되어 있는 IoT 도시데이터, 빅데이터, S-Map 사업과 연계성이 높은 안전총괄실, 소방재난본부, 기후환경본부의 스마트도시 사업을 검토하였다. 이들 사업은 안전총괄실의 IoT 데이터 및 빅데이터를 활용한 시설물관리 사업, S-Map의 시범사업으로 선정된 소방재난본부의 실시간 소방시설관리사업 등이 해당된다. 또한 물순환안전국과 기후환경본부의 주요 사업인 하천 및 침수관리와 에너지 관리 분야에서의 사업들을 살펴봄으로써 사이버물리시스템의 활용 가능성과 개선 필요사항 등을 검토하였다.

[표 3-16] 부서별 수요조사 내용

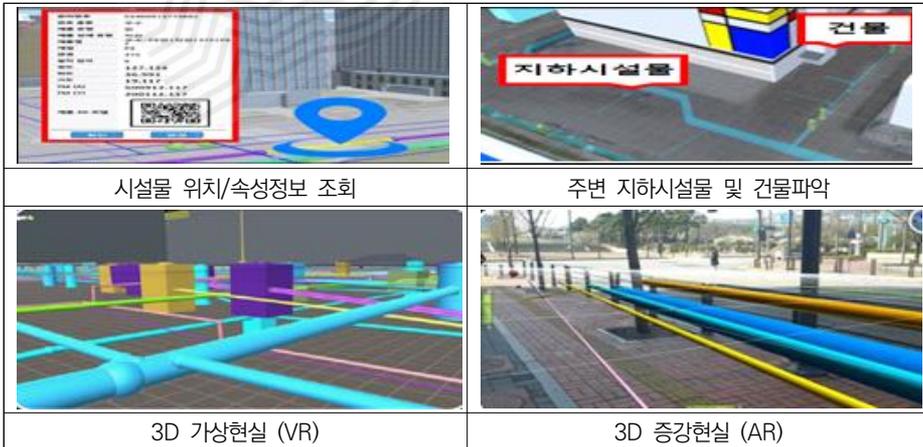
부서	사업	내용
안전총괄실	안전분야 IoT 사업	- 교량·터널, 지하시설물 등 기반시설 빅데이터 분석을 통한 시설물관리
소방재난본부	화재 및 시설분야 IoT 사업	- 실시간 소방시설관리시스템 고도화를 통한 모니터링 및 화재안전관리
물순환안전국	하천 및 침수관리 사업	- 하천 범람 및 도로침수 예방 및 대응을 위한 모니터링 및 관리
기후환경본부	에너지 관리 분야 사업	- 에너지자립마을 조성을 통한 에너지 관리

1) 시설물 안전관리

(1) 지하시설물 안전관리 통합정보 분석시스템

지하시설물 안전관리 통합정보 분석시스템은 부서별 각각 다른 목적으로 구축 및 운영되고 있는 지하시설물 관련 정보시스템을 통합하여 지반, 지하시설물, 지하수위 등 지하공간정보와 도로굴착복구, 공사정보, 도로점용, 안전등급 등 안전환경정보를 하나의 시스템으로 통합하는 것이다. 기존의 정보시스템은 지하시설물 종류와 부서별로 지하시설물통합정보, 도로함물정보, 지하안전영향평가정보, 도로굴착복구정보 등 개별적으로 구축 및 운영되어, 각 정보시스템 내 정보공유와 데이터의 정확도가 미흡하고, 지하시설물의 복합적 위험에 대한 대비가 부족하다. 이러한 문제점에 따라 지하시설물 간 연계기능을 강화하고 정보의 통합, 분석 및 활용이 가능한 시스템 개발의 필요성이 대두되어 지하시설물 안전관리 통합정보 분석시스템 구축이 계획되었다.

이처럼 개별적으로 운영하고 있는 지하시설물 시스템을 통합함에 따라 분산된 현실 시설물 위치, 속성정보를 한 번에 조회할 수 있도록 현실 모델링을 구축하고 가상공간에 데이터를 전달할 수 있도록 할 예정이다. 또한 통합된 정보를 분석할 수 있는 시스템을 구축하고, 안전사고 시나리오별 활용모형을 발굴하고, 이는 3D로 구축한 지하시설물 공간에 시물레이션을 할 수 있도록 가상모형을 구축하여 이를 통해 지하 시설물 안전관리 방안에 대한 의사결정을 할 수 있도록 할 예정이다.



출처: 서울시 안전총괄실, 2019, 지하시설물 안전관리 통합정보 분석시스템 구축 및 정보전략계획회(ISP)수립계획 *비공개 문서

[그림 3-9] 지하시설물 안전관리 통합정보 분석시스템

사이버물리시스템을 활용한 지하시설물 안전관리를 위해 사이버물리시스템 구성요소와 비교해본 결과, 현실문제, 현실 데이터, 현실 모델링, 데이터 전달은 구축이 되어 있으며, 가상모델, 의사결정은 지하시설물 안전관리 통합정보 분석시스템을 통해 향후 구축해 나갈 예정이다. 또한 자율제어의 경우 본 시스템과 사이버물리시스템의 운영 및 활용이 고도화될 때 구현할 수 있는 것으로 판단된다.

현 상황에서 사이버물리시스템의 활용을 위해서는 기존 데이터 통합 및 연계, 가상화, 분석/시뮬레이션 기법, 분석에 따른 결과 해석, 의사결정 및 자율제어를 구현할 수 있는 구성요소를 마련하기 위한 기술이 필요하다.

2) 실시간 화재 및 소방 안전관리

소방재난본부에서는 실시간 화재 및 소방 안전관리를 위해 실시간 소방시설관리시스템과 소방안전지도시스템을 구축하여 업무에 활용하고 있다. 실시간 소방시설관리시스템은 건축물에 설치된 소방시설의 작동상태를 IoT를 활용하여 실시간으로 확인하는 시스템으로 소방안전관리자는 스마트폰, PC로 소방시설의 작동상태를 실시간으로 확인할 수 있다. 또한 소방시설 작동상태는 빅데이터로 관리하고 분석하여 비화재보⁶⁾, 고장, 오작동 등을 해결하고, 이러한 소방시설 관리를 통해 화재발생 시 인명피해 최소화를 할 수 있다. 실시간 소방시설관리시스템은 향후 ‘소방시설 이력관리시스템’을 도입하여 소방시설의 경과 연수별 관리를 하고, 화재원인 및 연소확대와 관련 있는 기상상황(기상청 자료), 주변 환경(산림청 자료), 전기 안전사용(전기안전공사 자료) 등의 데이터를 연계하여 분석할 예정이다. 또한 AI 기술을 활용하여 화재위험 예측을 통해 화재를 예방하고, 특정 소방대상물의 화재안전등급을 분류할 예정이다.

⁶⁾ 화재로 감지했으나, 먼지나 수증기 등으로 인한 감지로 실제 화재가 아닌 경우(출처: 소방재난본부, 2020, “서울시, 국내최초 IoT기반 안전 초시대 연다.” 2020. 1. 21 보도자료



출처: 서울소방재난본부, 2019.3. 『IoT기반(Internet of Things) 서울형』 실시간 소방시설관리시스템 구축 계획

[그림 3-10] 실시간 소방시설관리시스템

실시간 소방시설관리시스템은 버추얼 서울 시스템의 실시간 통합가시화 뷰어 및 실시간 정보표출 등 3D 통합가시화 뷰어 기능에 IoT 실시간 정보를 연계하여 소방시설을 실시간으로 관제할 수 있도록 할 예정이다. 이에 따라 기존 실시간 소방시설관리시스템과 버추얼 서울 시스템의 표준이 이루어져야 한다.



출처: 서울시 스마트도시정책관, 2020.1. 스마트시티 구현을 위한 3D 기반 Virtual Seoul 시스템 구축 완료

[그림 3-11] 버추얼 서울과 실시간 소방시설관리시스템 시범사업

향후 실시간 소방시설관리시스템은 '소방시설 이력관리시스템'으로 발전시켜 소방시설의 경과 연수별 주요 관리사항 및 소방시설별 내용 연수 등을 관리할 예정이며, AI 기술을 활용하여 화재위험 예측을 통해 측정소방대상물의 화재안전등급을 분류할 계

획이다. 이와 더불어 기존 소방안전지도와 연계를 통해 화재발생 예방뿐 아니라 실시간 화재 및 소방관리를 수행할 수 있어야 한다.

3) 하천 및 침수 관리

물순환안전국에서는 하천 및 침수관리를 위해 하천관리전산시스템과 하천 위기상황 관리시스템을 구축하여 업무에 활용하고 있다. 하천관리전산시스템은 하천시설 관리, 홍수피해 예방 및 피해상황 조사, 수자원 자료의 정보화, 하천기본계획 관리 등을 목적으로 구축되었다. 이에 하천 뷰 및 자전거도로 등 전방위 영상촬영·DB 구축, 시설물 정보 DB 구축, 하천지도 연계, 하천기본계획 52종 데이터 전산화 표출 및 연계하여 하천순찰, 하천 시설물 및 점용관리 등의 현장업무, 홍수피해 예방 등에 활용한다. 하천 위기상황 관리시스템은 여름철 돌발 강우 시 하천 내 이용시민의 고립사고 예방 등을 위한 것으로, 하천에 자동경보시설, 문자 전광판, CCTV, 경광등, 비상사다리 등을 설치하여 실시간으로 정보를 수집하고, 하천 위기상황 통합모니터링을 통해 실시간으로 모니터링한다. 또한 하천 홍수 예·경보 시설 및 하천 원격차단시설 설치를 통해 위기발생 시 하천에 자동으로 경보하고, 하천 출입구를 원격으로 차단하여 홍수 및 하천범람으로 인한 사고를 예방한다.



출처: 서울시 물순환안전국, 2018, 2018년 하천 위기상황 관리시스템 추진 계획

[그림 3-12] 하천 위기상황 통합모니터링 시스템

이러한 시스템들 외에도 강한 비구름 이동경로 및 침수위험도 예측 기술개발을 통해 비구름 이동경로 및 침수위험도를 예측하여 신속하고 정확한 대응체계를 만들었으며, 방재성능 분석 및 수리·수문 기초자료구축을 통해 침수예측 정확도를 향상하였다. 또한 서울시 도시하천유역 현황/예측 강우정보, 저류지 효과를 고려한 도시유출해석 및

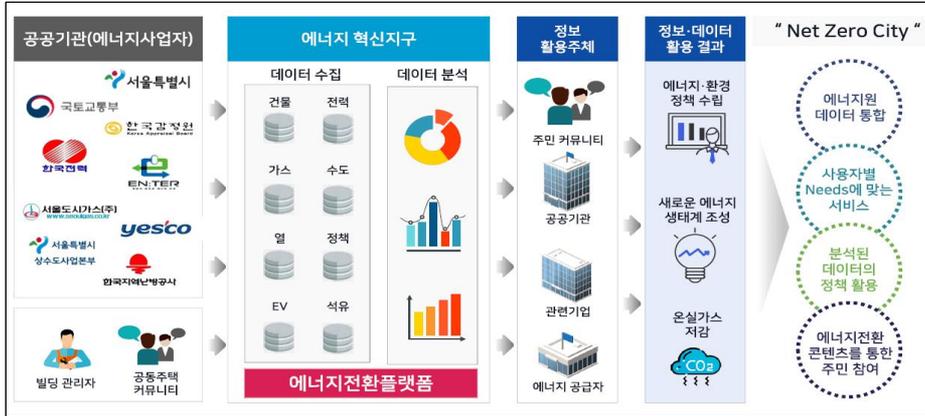
침수심 분석, 서울시 도시하천 수위 예측 기술, 내·외수 연계모의를 통한 침수예측기술 등 다양한 정보와 분석기술을 개발하고 있다.

사이버물리시스템을 활용한 하천 및 침수관리를 위해 사이버물리시스템 구성요소와 비교해본 결과, 현실문제, 현실 데이터, 현실 모델링, 데이터 전달, 가상모델, 의사결정, 자율제어 요소가 각각 일정수준 구축 및 활용되고 있음을 알 수 있다. 그러나 데이터 측면에서 하천 및 주변 시설물에 대해 3차원 공간정보 구축이 필요하고, 개발한 분석기술을 정보시스템 내 적용하여 시스템 운영과 활용을 고도화할 수 있을 것으로 판단된다.

4) 건물에너지 통합관리

기후환경본부에서는 ICT 기술을 활용하여 분산된 에너지데이터를 수집·분석·유형화하여 최적의 에너지 절감방안을 도출하고, 에너지데이터를 제공하며, 시민 소통공간을 마련하여 에너지전환을 확산하기 위해 에너지전환 플랫폼 구축 계획을 수립하였다. 이러한 에너지전환 정보제공 플랫폼은 서대문구 전체를 대상으로 행정동별, 건물유형별 에너지 데이터를 수집, 분석, 관리하는 에너지통합모니터링 관리체계를 구축하고, 비즈니스 모델에 필요한 에너지 ICT 솔루션을 제공할 수 있다. 이를 통해 서울시, 자치구 에너지전환 행정 및 정책 효과를 공유하고, 에너지 사용량과 생산량을 시각화하여 시민참여 에너지전환 사업에 대한 정책 홍보로 활용하여 에너지전환 참여를 유도할 수 있다.

에너지전환 플랫폼은 2019년 에너지자립 혁신지구 모델 조성사업으로 서대문구를 선정하고, 2020년 주택 및 중소형건물 공공상업시설 에너지전환 플랫폼 운영방안을 수립하였다. 운영방안으로는 서대문구 내 건물유형별 공공 저층주택, 학교·공공상업시설 등에 대해 전기·가스·수도의 5년 자료를 수집 및 분석하고, 건물특성별 에너지 정보 제공 시범 방안을 마련한다. 또한 에너지 수요관리 및 수익모델 개발을 위한 플랫폼 시각화 수립방안을 제시한다.

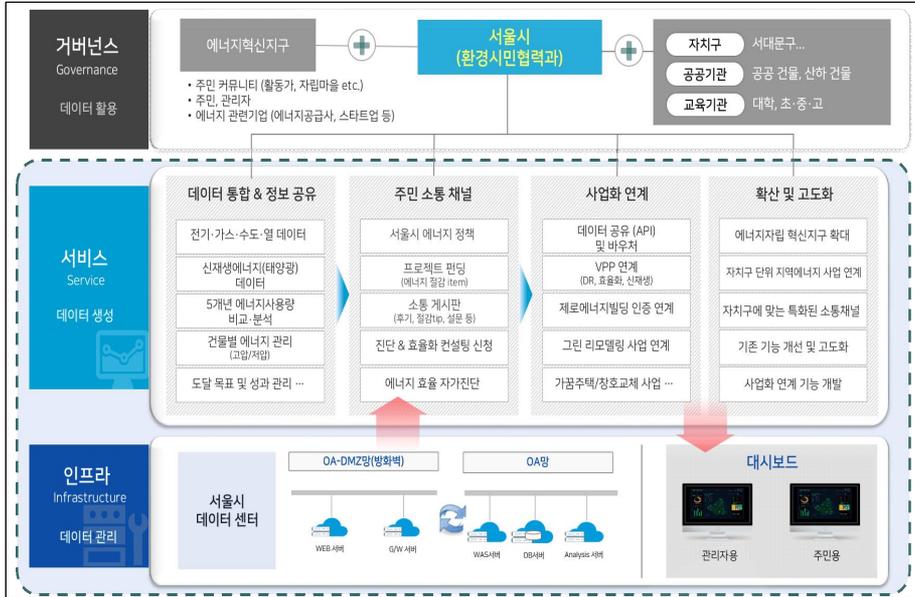


출처: 2021년 서울시 에너지전환 플랫폼 확대운영 계획, 기후환경본부, 2020.10

[그림 3-13] 서울시 에너지전환 플랫폼 개념

에너지전환 플랫폼 시스템에 사용되는 데이터는 공동주택, 공공시설, 상업시설, 단독주택을 대상으로 한국전력공사의 전기, 서울도시가스공사의 가스, 상수도사업본부의 수도, 지역난방공사의 열에너지 데이터를 활용한다. 이러한 데이터는 에너지별 사용량을 분석하고, 에너지 절약현황, 에너지효율화, 에너지프로슈머, DR, 분산자원 등에 대한 사항을 확인할 수 있다. 또한, DR, REMS, TEMS, 탄소배출권(추후), 소규모전력중개거래(추후) 등의 시스템과 연계하여, 지자체, 관리자, 마을기업, 주민들에게 정보와 서비스를 제공하고, 소통의 장을 마련한다.

에너지전환 플랫폼에서 제공하는 내용은 크게 건물 유형별 에너지 데이터 수집 및 분석, ICT를 활용한 솔루션, 주민 참여방안, 에너지 관련 정책 정보 제공, 시민 커뮤니티 공간으로 활용의 다섯 가지다.



출처: 2021년 서울시 에너지전환 플랫폼 확대운영 계획, 기후환경본부, 2020.10

[그림 3-14] 서울시 에너지전환 플랫폼 시스템 확대운영

서대문구 전체 행정동, 건물유형별 전기, 가스, 열, 수도의 최근 5년 사용현황 데이터가 대상이며, 데이터 주기는 매월 혹은 매시간(스마트계량기와 연계 시)이다. 수집한 데이터는 분석을 통해 지자체, 건물에너지 관리자, 서대문구 주민, 마을기업 등이 활용한다. 또한 공동주택 BEMS 프로그램을 통해 맞춤형 에너지 절감 솔루션과 에너지 효율화·DR·전력중개사업 사례별 효과 등을 제시한다. 이를 통해 에너지자립마을의 에너지절감 노하우를 제공하고 벤치마킹 활성화를 기대할 수 있다.

주민 참여를 위해 LED교체, 주택단열, 주택 및 미니 태양광 설치 등 에너지효율화 및 신재생에너지 제품 프로젝트 공동구매의 기회를 제공하고, 서울시와 서대문구 에너지 관련 사업 신청과 DR·전력중개사업 등의 참여기회를 제공한다. 또한 개별가정 에너지 사용 현황을 모니터링할 수 있도록 한다.

에너지 관련 정책 정보를 제공하기 위해 서울시 기후변화 에너지 정책과 참여 가능한 사업을 안내하고 접수할 수 있도록 하며, 지역 에너지 현황분석 제공으로 자치구의 관리 역량을 제고할 수 있다.

마지막으로 시민 커뮤니티 공간으로 활용하기 위해 에너지절감 노하우를 공유할 수 있도록 하며, FAQ, 온라인 카페 연계 등의 서비스를 제공한다.

이러한 서울시 에너지전환 플랫폼은 향후 서울시 25개 자치구로 확대할 예정이며, 스

마트그리드 실증사업 플랫폼과 연동하고, 에너지전환플랫폼의 단계별 고도화 사업을 진행할 예정이다. 이에 따라 실시간 빅데이터 관리 기술을 적용하여 자치구별 에너지 관리 시스템 가동이 원활하게 이루어질 수 있도록 해야 한다.

3_전문가 대상 사이버물리시스템 기술수요 분석

1) 조사 개요

실효성 있는 서울시 사이버물리시스템의 구축 및 활용방안을 마련하기 위해 사이버물리시스템의 기술 수요조사를 실시하였다. 조사대상은 공간정보 및 분야별 정보시스템 관련 종사자 40인으로, 정보(공간정보, IoT 등) 분야 13인, 풍수해/수자원 분야 3인, 소방 분야 5인, 시설물 분야 3인, 환경 및 에너지 분야 7인, 방재안전 9인으로 구성하였다. 조사방법은 구조화된 설문지를 활용하여 온라인으로 응답을 받았으며, 조사기간은 2021년 1월 1일부터 2021년 1월 31일까지 한 달 동안 진행하였다.

[표 3-17] 조사개요

구분	내용	
조사대상	공간정보 및 분야별 정보시스템 관련 종사자	50인
	정보(공간정보, IoT 등) 분야	13인
	풍수해 분야	3인
	소방 분야	5인
	시설물 분야	3인
	환경, 에너지 분야	7인
	방재안전 분야	9인
조사방법	구조화된 설문지를 활용한 온라인 조사	
조사기간	2021년 1월 1일 ~ 2021년 1월 31일	

조사내용은 크게 사이버물리시스템 공통부문, 서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용 조사, 분야별 서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용방안의 3가지로 구분하였다. 사이버물리시스템 공통부문에서는 사이버물리시스템 구성요소 중요도, 기술요소 중요도, 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준에 대한 조사를 실시하였다. 서울시

사이버물리시스템 적용 및 활용 조사에서는 현 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 인프라 수준, 서울시 사이버물리시스템 분야별 적용 및 활용/구현가능성, 서울시 사이버물리시스템 구현 및 운영을 위한 정부정책에 대한 조사를 실시하였다. 마지막 분야별 서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용방안은 각 전문분야로 구분하여 풍수해 분야, 소방 분야, 시설물 분야, 환경 및 에너지 분야 등에 해당되는 사항을 서술형으로 응답할 수 있도록 하였다. 분야별 서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용방안은 본 보고서 결론에서 사이버물리시스템 활용방안의 참고자료로 활용하였다.

[표 3-18] 사이버물리시스템 전문가 설문조사 내용

구분	내용
사이버물리시스템 공통부문	<ul style="list-style-type: none"> - 사이버물리시스템 구성요소 중요도 - 사이버물리시스템 기술요소 중요도 - 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준
서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용 조사	<ul style="list-style-type: none"> - 현 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 인프라 수준 - 서울시 사이버물리시스템 분야별 적용 및 활용 / 구현가능성 - 서울시 사이버물리시스템 구현 및 운영을 위한 정부정책
분야별 서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> - 풍수해 분야 - 소방 분야 - 시설물 분야 - 환경 및 에너지 분야

사이버물리시스템 공통부문 중 구성요소와 기술요소 중요도는 1~5점 척도 기준으로 응답하도록 하였으며, 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준은 매우우수, 우수, 보통, 미흡, 매우미흡, 기술력 없음의 6개 기준으로 응답하도록 하였다.

서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용조사에서 현 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 인프라 수준에 대한 응답 역시 매우우수, 우수, 보통, 미흡, 매우미흡, 기술력 없음의 6개 기준으로 응답하게 하였으며, 서울시 사이버물리시스템 분야별 적용 및 활용/구현 가능성과 서울시 사이버물리시스템 구현 및 운영을 위한 정부정책은 1~5 점 척도 기준으로 응답하도록 하였다.

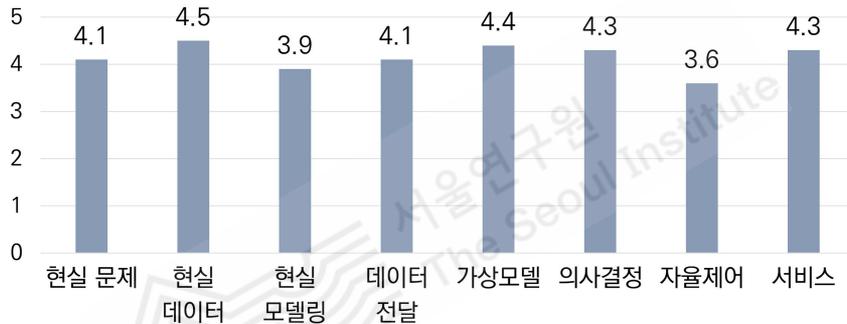
2) 조사 결과

(1) 사이버물리시스템 공통부문

① 사이버물리시스템 구성요소 중요도

사이버물리시스템의 구성요소를 현실문제, 현실 데이터, 현실 모델링, 데이터 전달, 가상모델, 의사결정, 자율제어, 서비스, 기타의견으로 구분하여 1~5점 척도로 중요도를 설문한 결과, 현실데이터 취득이 가장 중요하며, 자율제어는 상대적으로 낮은 것을 알 수 있었다. 이는 도시 범위의 사이버물리시스템은 아직 초기단계로 사이버물리시스템 구성요소인 데이터를 가장 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다.

이 외 기타 중요한 요소로 리빙랩, 시민참여와 도시문제 해결을 위한 주체 간 협력적 거버넌스가 필요하다 응답하였으며, 정책 운영 및 의사결정 시 필요한 도시현황 정보를 적시에 측정하고 추정 가능한 IoT 플랫폼 구축이 필요하다고 응답하였다.

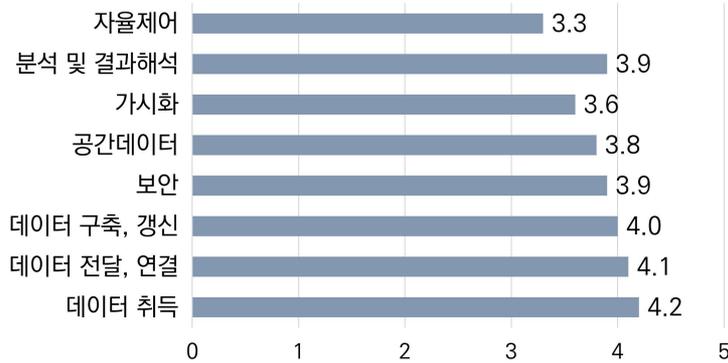


[그림 3-15] 사이버물리시스템 구성요소의 중요도

② 사이버물리시스템 기술요소 중요도

사이버물리시스템의 기술요소를 데이터 취득, 데이터 전달·연결, 데이터 구축·갱신, 보안, 공간데이터, 가시화, 분석 및 결과해석, 자율제어, 기타의견으로 구분하여 1~5점 척도로 중요도를 설문한 결과, 데이터 취득이 가장 중요하며, 자율제어는 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 이는 앞서 서술한 것과 마찬가지로 도시 범위의 사이버물리시스템은 아직 초기단계로 가장 기본적인 요소인 데이터와 이를 취득하는 기술이 가장 중요하다는 것을 알 수 있다. 사이버물리시스템 구성요소 중요도와 마찬가지로 기술요소 중요도에서도 자율제어의 중요도가 가장 낮은 것을 통해 아직 데이터를 수집하고 분석하는 것이 더 중요하다는 것을 알 수 있다.

이 외 기타의견으로는 적용결과·효과분석 기술, 센싱 데이터의 신뢰도 확보 방안 등이 필요하다고 응답하였다.



[그림 3-16] 사이버물리시스템 구현의 핵심기술 중요도

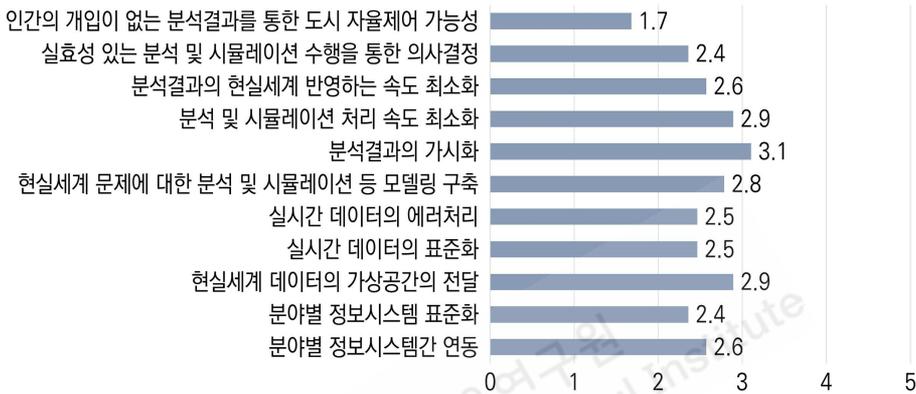
③ 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준

사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준으로는 시스템 연계 및 표준화, 데이터 처리, 모델링, 처리 속도, 의사결정, 자율제어로 구분하여 각각의 세부항목을 기준[표 3-19]으로 매우우수(5점), 우수(4점), 보통(3점), 미흡(2점), 매우미흡(1점), 기술력 없음(0점)의 6개 기준으로 응답하도록 하였다.

[표 3-19] 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준 세부항목

항목	세부항목
시스템 연계 및 표준화	분야별 정보시스템 간 연동
	분야별 정보시스템 표준화
데이터 처리	현실세계 데이터의 가상공간 전달
	실시간 데이터의 표준화
	실시간 데이터의 에러처리
모델링	현실세계 문제에 대한 분석 및 시뮬레이션 등 모델링 구축
	분석결과의 가시화
처리 속도	분석 및 시뮬레이션 처리 속도 최소화
	분석결과의 현실세계 반영하는 속도 최소화
의사결정	실효성 있는 분석 및 시뮬레이션 수행을 통한 의사결정
자율제어	인간의 개입이 없이 분석결과를 통한 도시 자율제어 가능성

조사결과 모델링의 세부항목인 분석결과의 가시화가 가장 높게 나왔으며, 데이터 처리의 세부항목인 현실세계 데이터의 가상공간의 전달과 처리 속도의 세부항목인 분석 및 시뮬레이션 처리 속도 최소화가 다음으로 높게 나타났다. 세부항목 중에서는 사람의 개입이 없이 분석결과를 통한 도시 자율제어 가능성의 기술력이 가장 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 기술수준의 평균점수가 2.6으로 사이버물리시스템 구현을 위한 기술 발전은 아직 미흡한 것을 알 수 있다. 특히, 자율제어의 경우 기술력 없음(0점)으로 응답한 사람(2명)도 있어 자율제어 기술이 부족한 것을 알 수 있다.



[그림 3-17] 사이버물리시스템 구현을 위한 세부 기술수준의 중요도

(2) 서울시 사이버물리시스템 적용 및 활용 조사

① 현 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 인프라 수준

현 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 인프라 수준을 조사하기 위해 기 구축되어 있는 S-Map, S-Dot, 빅데이터, AI를 기준으로 매우우수(5점), 우수(4점), 보통(3점), 미흡(2점), 매우미흡(1점), 기술력 없음(0점)의 6개 기준으로 응답하도록 하였다.

설문결과 기 구축되어 있는 S-Map의 기술수준이 3.2로 가장 높으며, 인공지능 기술 수준이 2.5로 가장 낮은 것으로 나타났다.



[그림 3-18] 현 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 인프라 수준

이를 통해 서울시에서는 사이버물리시스템 구현을 위해서 AI 기술 개발에 좀 더 노력을 기울여야 함을 알 수 있다.

② 서울시 사이버물리시스템 분야별 적용 및 활용 / 구현가능성

도시계획, 방재, 보건, 교통, 환경 에너지, 소방의 6개 분야를 대상으로 서울시 사이버물리시스템 구현을 위한 핵심기술 및 내용을 조사하였다. 분야별 사이버물리시스템 활용목적으로 모니터링 및 진단, 예측, 최적화, 의사결정의 4가지를 제시하고 선택하도록 하였다. 또한 서울시 구현가능성을 1~5점 척도로 조사하였다.

서울시 분야별 사이버물리시스템의 활용 목적 결과를 살펴보면 도시계획 분야에서는 의사결정, 방재 분야에서는 예측, 보건 분야에서는 모니터링, 교통 분야에서는 최적화, 환경 에너지 분야에서는 모니터링, 소방분야에서 모니터링이 가장 많이 선택되었다. 도시계획 분야에서 사이버물리시스템은 지역별 도시 특성에 맞는 정책결정을 위한 모델링 및 시뮬레이션을 위해 사용되며, 이를 위해서는 IoT 센싱을 통한 도시 정보의 실시간 수집 및 공간데이터와 연계, 정책결정 모델링 및 시뮬레이션 기법 개발 등이 필요하다.

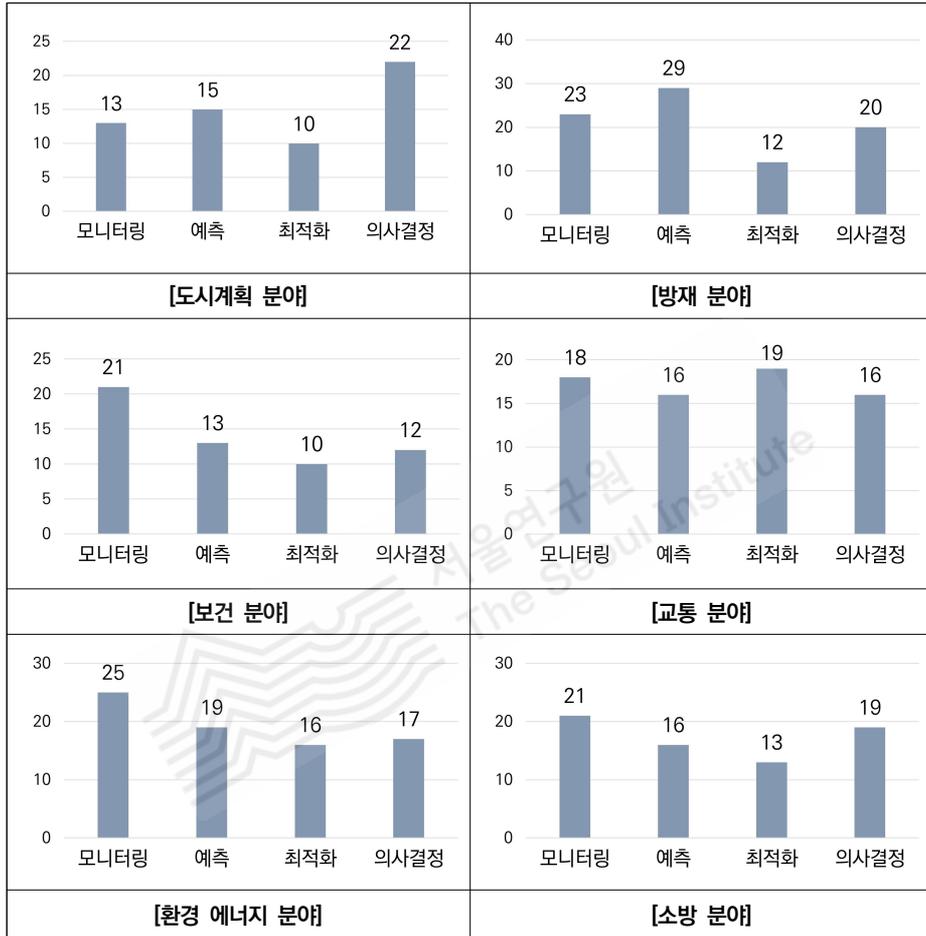
방재 분야에서 사이버물리시스템은 재난 예측, 재해 및 장기피해 예측을 통한 복구능력 향상을 위해 사용되며, 이를 위해서는 IoT 센싱을 통한 실시간 데이터 수집, 전달, 연결, 분석 및 결과해석, 기존 시스템과의 연계, 데이터 및 시스템 표준화 등이 필요하다.

보건 분야에서 사이버물리시스템은 전염병 확산, 환자 돌봄 모니터링, 건강 상태의 원격 모니터링을 위해 사용되며, 이를 위해서는 시계열 데이터 분석기술, 실시간 환자 위치 파악기술, 개인정보 수집 및 활용 관련 법률 개정 및 제도화 등이 필요하다.

교통 분야에서 사이버물리시스템은 지역별 교통 수요 예측, 교통 흐름 파악 및 관리, 교통체계 제어 등을 위해 사용되며, 이를 위해서는 IoT 센싱을 통한 실시간 교통정보 수집 및 예측 알고리즘, 빅데이터 분석 및 연계기술, 자율주행과의 연계 등의 기술이 필요하다.

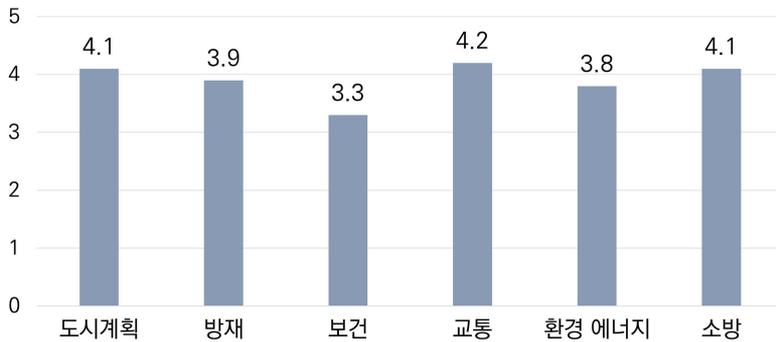
환경 에너지 분야에서 사이버물리시스템은 에너지 및 탄소 배출량 모니터링, 환경 오염 원인 예측 및 대응, 실시간 에너지 소비 및 생산기기 제어, 도시열섬, 미세먼지, 소음 모니터링 등을 위해 사용된다. 이를 위해서는 IoT 센싱을 통한 실시간 데이터 수집 및 예측 등 최적화 알고리즘, 데이터의 공간정보와 연계 등의 기술이 필요하다.

소방 분야에서 사이버물리시스템은 실시간 재난상황 정보 구축 및 모니터링, 시뮬레이션 및 예측, 대피 시뮬레이션 등을 위해 사용되며, 이를 위해서는 소방 시스템 및 실시간 교통정보 시스템과의 연계, 네트워크 분석 알고리즘, 화재감지 모니터링 센서 설치, 건물 내 스마트폰을 통한 정확한 위치식별 기술 등이 필요하다.



[그림 3-19] 서울시 사이버물리시스템 분야별 활용 목적

서울시 사이버물리시스템 분야별 구현가능성은 교통 분야가 4.2점으로 가장 높았으며, 도시계획과 소방 분야, 방재 분야, 환경 에너지 분야, 보건 분야 순으로 나타났다. 이를 통해 교통 분야의 사이버물리시스템 구현을 위한 기술 개발 수준 및 인프라 설치가 가장 잘 갖춰 있다는 것을 짐작할 수 있으며, 보건 분야는 상대적으로 미흡한 것을 알 수 있다.



[그림 3-20] 서울시 분야별 사이버물리시스템 구현가능성

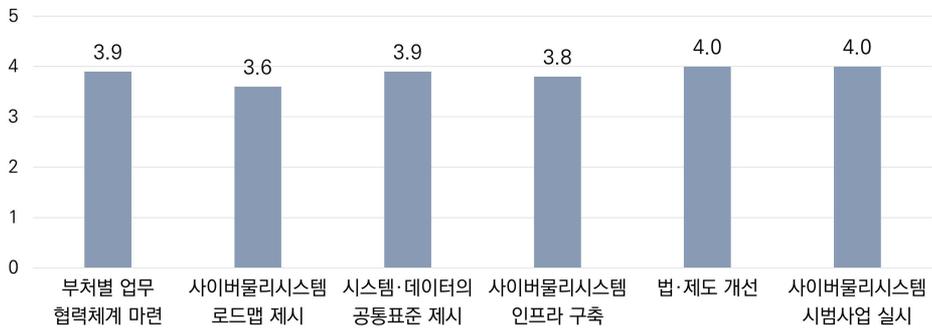
③ 서울시 사이버물리시스템 구현 및 운영을 위한 정부정책

서울시 사이버물리시스템 구현 및 운영을 위한 정부정책을 조사하기 위해 부처별 업무 협력체계 마련, 사이버물리시스템 로드맵 제시, 시스템·데이터의 공통표준 제시, 사이버물리시스템 인프라 구축, 법·제도 개선, 사이버물리시스템 시범사업 실시의 6개의 항목을 1~5점 척도로 조사하였다.

조사결과 법·제도 개선, 사이버물리시스템 시범사업 실시가 4점으로 가장 높은 점수로 나타났고, 다음으로는 부처별 업무협력체계 마련, 시스템·데이터의 공통표준 제시가 3.9로 나타났다. 사이버물리시스템 인프라 구축이 3.8점, 사이버물리시스템 로드맵 제시가 3.6점으로 가장 낮게 나왔다.

이를 통해 서울시 사이버물리시스템 시범사업을 통해 사이버물리시스템을 구현하고, 이를 지속적으로 운영하기 위해 법·제도 개선과 부처별 업무 협력체계 마련이 필요한 것을 알 수 있다. 기술적으로는 시스템·데이터의 공통표준 제시를 통해 현재 부처별 기 구축되어 있는 시스템을 통합 및 활용하도록 해야 한다.

그러나 항목별 점수 차이가 크게 나지 않은 것을 보아 서울시 사이버물리시스템 구현 및 운영을 위해서 제도개선, 시범사업 실시, 협력체계 마련, 공통표준 제시 등이 모두 필요한 것을 알 수 있다.



[그림 3-21] 서울시 사이버물리시스템 구현·운영을 위한 지원 정책



04

서울시 사이버물리시스템 구축방안



- 1_사이버물리시스템 구축방안
- 2_사이버물리시스템 활용방안
- 3_사이버물리시스템 운영방안
- 4_제도개선 방안

04. 서울시 사이버물리시스템 구축방안

1_사이버물리시스템 구축방안

1) 기본방향

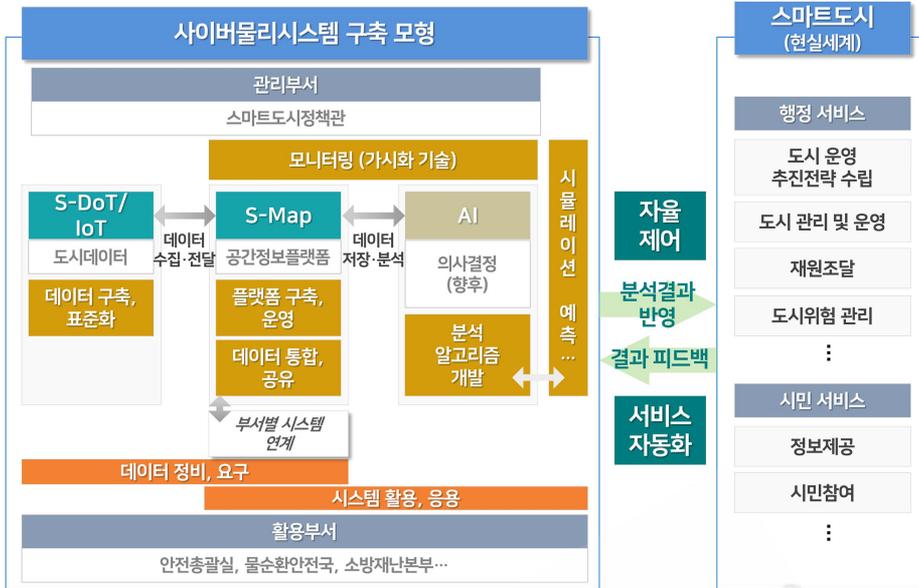
서울 스마트도시는 서울의 다양한 도시문제를 해결하기 위하여 추진되어 왔으나, 최근 현실세계와 가상세계를 연결하고 수집된 데이터에 대한 선제적 분석 및 시뮬레이션을 통하여 의사결정을 수행하고, 분석결과를 현실세계에 전달함으로써 실질적인 스마트 서비스가 제공될 수 있게 되었다. 이러한 과정을 수행하기 위해서는 사이버물리시스템의 개념을 서울시 스마트도시 사업에 적용할 필요가 있다. 사이버물리시스템의 적용은 스마트도시 구축사업을 추진하고 있는 서울시 전 분야에 걸쳐 수행될 필요가 있으나 현실적으로는 국실 각각의 분야에서 각각의 스마트도시 사업을 추진하고 있으며, 사이버물리시스템 구축에 있어 매우 중요한 가상세계와의 연계 및 통합 등이 미흡한 실정이다.

따라서 서울시 사이버물리시스템이 서울시 전 분야에 적용될 수 있는 기반 마련이 필요하다. 이를 위해서는 우선적으로 사이버물리시스템에 대한 구축과 관련된 기술적 사항, 사이버물리시스템의 활용방안, 운영 및 지원, 마지막으로 이를 뒷받침할 수 있는 제도적 개선사항이 중요하다.

[표 4-1] 서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 기본방향

구분	개선 방안
구축	<ul style="list-style-type: none"> 사이버물리시스템 구축 모형의 적용 사이버물리시스템 운영을 위한 데이터의 지속적 구축
활용	<ul style="list-style-type: none"> 업무 활용을 위한 사이버물리시스템 연계테이블 작성
운영 및 지원	<ul style="list-style-type: none"> 사이버물리시스템 운영을 위한 조직 개선 협력체계를 통한 거버넌스 구성
제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> 스마트도시정책관 관련 서울시 조례 개선

2) 서울시 사이버물리시스템 구축 모형의 적용



[그림 4-1] 서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 구축 모형

서울시 사이버물리시스템 모형은 새롭게 구축하는 것이 아니라 기존에 구축되어 있는 플랫폼들을 보다 효율적으로 연계하여 사이버물리시스템의 개념을 구현하는 것이다. 따라서 사이버물리시스템 구축 개념과 모형을 지속적으로 정립하고 이를 구현할 수 있는 플랫폼(시스템), 데이터, 현실세계와 가상세계의 연결 등에 대한 개선사항 도출이 필요하다.

이를 위해서는 스마트도시정책관에서 수행하고 있는 스마트도시 지원 플랫폼에 대한 유기적인 연계가 선행되어야 한다. 최근 진행하고 있는 공간정보플랫폼인 S-Map과 사물인터넷 플랫폼인 S-DoT의 연계를 보다 강화할 필요가 있으며, 아직은 미흡한 빅데이터 플랫폼과의 연계가 추후 진행되어야 한다.

향후 공간정보 플랫폼에서는 사물인터넷 정보를 실시간으로 연계하여 데이터를 수집하고 빅데이터가 구축되면 이를 다양한 알고리즘을 통해 분석 및 시물레이션을 수행할 수 있다.

분석 및 시물레이션 지원 관점에서 빅데이터 분석, 인공지능 등 신기술의 적용을 통한 분석 기술의 고도화가 병행되어야 한다. 빅데이터 기법은 다량, 실시간 데이터에 대한

분석을 가능케 하고, 인공지능은 새로운 접근방법을 제안, 기존에 해결이 어려웠던 문제를 해결할 것으로 기대된다. 또한, IoT 환경에 따른 데이터의 수집은 어느 정도 가능한 시점이므로 장기적으로는 무엇보다 분석의 역량이 사이버물리시스템 성능을 좌우할 것으로 예상된다. 특히 사이버물리시스템의 구현은 가상세계에서 구현된 분석 결과가 현실세계에 직접적으로 반영되기 때문에 분석과정이 반복되어 학습이 이루어지면 인공지능을 통한 자율제어 시스템에 대한 계획이 추가적으로 진행되어야 한다.

[표 4-2] 서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 기능

구분	개선 내용	비고
가상세계	고정밀 실시간 3차원 공간정보 구현	공간정보플랫폼
연결	6G 기반 고용량 실시간 데이터 연결 및 데이터 무결성 보장	사물인터넷 플랫폼
분석 및 시뮬레이션	3차원 공간정보 기반의 시계열을 고려한 시스템 다이내믹스 분석	인공지능, 빅데이터분석
자율제어	다수의 센서와 작동장치가 연결된 복합시스템(SoS; System of System)과 현실세계의 정보를 수집 및 분석하여 현실세계에 적용하는 액추에이터 시스템(Actuator System)을 활용	자율제어시스템

3) 사이버물리시스템 운영을 위한 데이터의 지속적 구축

사이버물리시스템이 구현되기 위해서는 다양한 분야에서 융복합이 가능하도록 데이터를 체계적으로 구축하여야 한다. 구축되어야 할 데이터로는 크게 공간정보, 사물인터넷 데이터, 빅데이터의 3가지로 구분할 수 있다.

공간정보 데이터는 가상현실 내에서 운영될 수 있도록 2차원 데이터에서 3차원 데이터로의 확대가 이루어져야 하며, 현재 구축되어 있는 공간정보 데이터를 기반으로 3차원 공간정보를 구축하여야 한다. 실내공간정보의 지속적인 수요에 따라 건물 및 건물의 실내모형에 대한 재구축이 발생할 수 있다. 실내공간정보를 구축하기에는 많은 예산이 필요하기 때문에 건물에 대한 수치모형인 BIM에 대한 자료 및 설계자료를 최대한 확보하여 구축할 필요가 있어 이에 대한 제도적 기반 마련이 필요하다. 또한 건물 및 복합공간에 대해서는 스마트도시 서비스에 대한 다양한 요구가 발생할 것으로 예상되기 때문에 이에 대한 검토가 이루어져야 한다.

향후 가상세계에서는 3차원 공간정보에 대한 객체화, 입체화가 지속적으로 요구되고

다양한 사용자 참여에 의한 실시간 3차원 공간정보의 구축이 나타날 것으로 예상된다. 사이버물리시스템의 개념이 국실별 스마트도시 사업으로 확대될 경우에 부서에서 요구하는 데이터의 양과 종류가 확대될 것으로 예상되기 때문에 이에 대한 지속적인 수요 발굴과 더불어 구축이 이루어져야 할 것이다.

사물인터넷 데이터에 대한 개선 내용으로는 실시간 센싱데이터 수집의 확대, 이중 센싱데이터에 대한 통합, 센싱데이터의 표준화 등이 선행되어야 한다.

실시간 센싱 데이터 수집은 현재 환경, 안전 등 일부 분야별로 제한적으로 이루어지고 있으나, 에너지, 도시계획, 시설물관리 등 다양한 분야로의 확대가 필요하고 이를 지원할 수 있는 플랫폼의 확대가 이루어져야 한다. 이중 센싱데이터에 대한 통합은 측정하고자 하는 목적에 따라 센서를 달리 사용하고 있으며, 같은 목적이더라도 추진하고 있는 사업에 따라 센서의 값이 일정하지 않는 경우가 많아 데이터에 대한 신뢰가 매우 취약한 편이다. 따라서 센서값에 대한 에러율, 오차기준 설정을 통한 무결성 보장 등이 이루어져야 할 것이다. 마지막으로 센싱데이터에 대한 표준화 등이 선행되어야 한다. 사물인터넷에 대한 표준화는 기술적으로 접근되고 있으나 활용범위가 매우 넓어 이에 대한 표준화를 진행하기는 쉽지 않다. 하지만 서울시내에서 사용하는 사물인터넷 데이터에 대해서는 국제적인 기술표준 준수와 더불어 서울시에서 중복 사업을 방지하기 위한 표준화 가이드가 수립되어야 한다. 이외에도 센서, 통신시설 고장 등을 고려한 이중화 등 기반시설의 확충 및 연결성 확보가 이루어져야 한다.

빅데이터에 대한 저장, 관리가 원활하게 이루어지기 위해서는 목적별 활용이 용이한 분류체계를 확보하는 것이 중요하다. 분류체계는 데이터 형태별, 분야별 다양하게 구성될 수 있으나, 최종 활용 목적에 부합할 수 있도록 구성되어야 한다. 빅데이터에 대한 수집은 스마트도시정책관 내 플랫폼 간 DB 연계, DB 클라우드화 등을 통한 빅데이터를 확보하여야 하며, 향후에는 민간과의 연계를 통한 빅데이터 확보가 수행되어야 한다. 이외에 빅데이터의 공간정보화가 매우 중요하며, 이를 위해서는 공간정보와 사물인터넷 데이터의 지속적인 구축과 빅데이터 연계 기술이 개발되어야 한다.

[표 4-3] 서울시 사이버물리시스템을 위한 데이터 구축

구분		내용
데이터	버추얼 데이터 확대 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 공간데이터의 활용 • 실내공간정보의 정밀화 <ul style="list-style-type: none"> - 민관정보 공유를 통한 실내공간정보 구축 • 건물 및 복합공간 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 3D 객체형, 실감형, 입체형 • 실시간 갱신 <ul style="list-style-type: none"> - Live Mapping 등 신기술도입 - 오픈 API를 통한 데이터 구축의 시민 참여 • 활용부서 수요 반영 <ul style="list-style-type: none"> - 부서별 데이터 활용 수요를 통한 데이터 구축
	분야별 IoT 확대 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 센싱 데이터 수집의 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 부문별 센싱 데이터 수집 및 확대 • 이종 센싱 데이터 통합 <ul style="list-style-type: none"> - 센싱값 어려움, 오차기준 설정을 통한 무결성 보장 • 센싱 데이터의 표준화 <ul style="list-style-type: none"> - 센싱 데이터 표준을 통한 활용도 향상 • 센서, 통신시설 고장 등을 고려한 이중화로 연결성 확보
	빅데이터	<ul style="list-style-type: none"> • 빅데이터 수집, 저장, 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 목적별 활용이 용이한 분류체계 확보 - DB 연계, DB 클라우드화 등을 통한 빅데이터 확보 • 공간빅데이터 구축 <ul style="list-style-type: none"> - Geo-IoT 빅데이터 구축 및 연계기술 개발

2_사이버물리시스템 활용방안

서울시 국실별로 추진되고 있는 스마트도시 사업에 대한 사이버물리시스템 활용을 위해서는 우선적으로 스마트도시정책관과 활용부서 간 이해를 높이기 위한 사이버물리시스템 연계 테이블 작성을 수행할 필요가 있다. 앞서 언급한 바와 같이 스마트도시담당관에서는 공간정보, 사물인터넷, 빅데이터 등에 대한 정보와 플랫폼을 보유하고 있으나 활용부서의 실질적인 요구사항 및 업무 내용을 파악하기 어렵고, 활용부서에서는 스마트도시담당관에서 보유하고 있는 자원 및 지원정보를 알기 어렵기 때문에 이를 연결시킬 수 있는 사이버물리시스템 연계테이블을 작성할 필요가 있다.

따라서 사이버물리시스템 연계테이블을 통하여 스마트도시정책관에서 구축한 다양한 플랫폼과 활용부서에서 기 구축한 정보시스템, 센서, 데이터, 서비스 모델의 상호운용을 위한 기술적, 행정적 연계를 진행하도록 한다.

연계테이블은 사이버물리시스템의 주요 기능(현실문제, 현실데이터, 현실모델링, 데이터전달, 가상모델(가상화), 의사결정, 자율제어)을 고려하고 서울시 스마트도시 사업을 추진하는 부문별 업무내용을 반영하여 작성하여야 한다.

연계테이블은 현실문제, 데이터 구축모델, 현실세계-가상세계 연결, 분석모델, 의사결정 및 자율제어의 5가지로 구분하여 재작성하였다[표 4-4]. 향후 상세한 연계테이블의 작성은 스마트도시정책관과 활용부서 간의 이해를 돕고, 사이버물리시스템 테이블을 통하여 사업수행 시 실질적으로 원활한 사업 진행이 이루어져야 할 것으로 기대된다. 본 연구에서는 도시침수, 시설물관리, 환경, 소방안전의 4가지 연계테이블을 예시로 작성하였지만 향후 상세한 테이블 작성에 대한 가이드라인이 수립되고 이를 통하여 각 분야별 사이버물리시스템 구축 시 활용되어야 한다.

[표 4-4] 서울시 사이버물리시스템 구성요소

구분	내용	비고
현실문제	서울시에 당면한 도시문제	문제의 원인, 요인, 현황분석, 사업 및 정책방안 등
데이터 구축모델	스마트도시정책관 보유 데이터 각 업무부서에서 사용하고 있는 행정데이터	업무에서 활용되는 데이터 모델 정의
현실세계-가상세계 연결	서울시에서 측정되는 실시간 정보의 취득 및 관련 시스템 연결	IoT, 센싱, CCTV 등 정의
분석모델	서울시 업무에서 활용되는 시뮬레이션, 알고리즘, 분석모델 등이 해당	디지털트윈 기술 포함
의사결정 및 자율제어	분석모델을 통한 자율 의사결정 및 현실세계에서 작동되는 시스템에 적용	스마트도시 서비스 적용

1) 도시침수 예측

(1) 시스템 구축 및 활용

내수침수 피해를 예측하고 시민들의 대피시간을 확보하기 위해 도시침수 예측 연계테이블을 작성하였다. 데이터 구축 모델로는 수리시설과 지형정보가 필요하며, 수리시설에는 빗물펌프장, 하수관망, 맨홀, 빗물받이 등의 데이터가 구축되어야 한다. 지형정보로는 수치표고모델, 도로 및 건물, 토지피복도 등의 데이터가 구축되어야 한다.

또한, 우량계(AWS), 빗물펌프장 운영 정보, 하천수위계, 하수도수위계, 침수지역(침수도로) 수위계는 센서를 통해 현실세계와 가상세계를 연결하며, 비구름 경로추정, 도시유출해석체계 등의 분석 모델을 활용하여 도시침수를 예측할 수 있다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 내수침수해석 및 저감 능력을 평가하고, 침수위험지역 내 시민들에게 실시간 위험정보를 제공할 수 있다. 또한 침수위험지역 주변의 교통을 통제하고, 접근을 통제하여 인명피해를 예방할 수 있다.

[표 4-5] 도시침수 예측 연계데이터 작성

구분		내용	
현실문제	내수침수 피해 예측 시민들의 대피시간 확보	- 상세한 내수침수 정보를 예측하여 침수피해 지역에 대한 효율적인 예방·대응체계 구축하고 시민들의 대피시간 확보	
데이터 구축 모델	수리시설	빗물펌프장	- SWMM 모델의 기초 입력자료인 우수관로 및 맨홀 자료를 서울시 UIS(Urban Information System)를 통해 수집
		하수관망	
		맨홀	
		빗물받이	
	지형정보	수치표고모델	- 침수예측 공간해상도 6m 에 맞춰 서울시 6m 단위 DEM 자료를 구축
도로, 건물		- Shp 형태의 도로, 건물레이어를 이용하여 배수구역별 도로 건물레이어를 추출 - 이를 공간해상도 6m 단위 Grid 형태로 변환	
토지피복도		- 토지피복도 자료를 수집 - 2DIS 모델의 입력자료 형태로 변환 - 토지피복항목별 조도계수표에 매칭	
현실세계 -가상세계 연결	우량계(AWS)	- 레이더를 이용한 실시간 고해상도 격자 - AWS 관측강우자료 - 실시간 빗물펌프장 운영 정보 - IoT의 실시간 수위 및 침수심 정보	
	빗물펌프장 운영 정보		
	하천수위계		
	하수도수위계		
	침수지역(침수도로) 수위계		
분석모델	분석	비구름 경로추정	- 레이더 원시자료를 격자 좌표계로 변환한 3차원 레이더 격자자료를 이용 - 대류셀 탐지는 반사율(Tz)과 볼륨(Tv) 모두에서 특정 임계값을 초과하는 격자의 인접 영역으로 정의 - 연속된 시간에 대해 식별된 대류셀들의 가능한 모든 경로를 고려하여 대류셀 트랙 조합 최적화를 통해 최적경로를 계산
		도시유출해석체계	- 대상지역에 위치한 맨홀에서의 월류량 자료를 생산 - SWMM 모델 : 예측 강우 기준 최적 강우시나리오 실시간 추정, 침수정보 생산(2DIS 모델)

구분		내용
의사결정 및 자율제어	내수침수해석 및 저감 능력 평가	- 빗물펌프장 운영을 고려한 내수침수해석(SWMM 모델)을 통한 침수범위 해석 및 저감능력 평가
	침수위험지역 내 시민들에게 위험정보 실시간 제공	- 침수 예경보를 통한 침수위험지역 내 시민 대피
	침수위험지역 주변 교통 통제	
	침수위험지역 접근 통제	

2) 시설물관리

노후시설물 및 개별 기반시설물의 통합관리를 통한 시설물 사고 예방을 위해 시설물 관리 연계데이터를 작성하였다. 데이터 구축 모델로는 시설물 데이터와 시설물 주변 물리적·환경 데이터가 필요하다. 시설물 데이터는 실시간 시설물 실시간 상태 정보, 시설물 설계·건설·관리 등 정보 연계가 이루어져야 하고, 시설물 주변 물리적·환경 데이터는 지형, 건축물, 도로, 일조량, 풍향, 풍속, 강우량, 강설량, 실시간 교통량, 하수관망, 수목현황 등이 포함된다. 이러한 데이터는 개별 센서 데이터를 통해 현실세계와 가상세계를 연결할 수 있다.

또한, 생애주기 관리 모델, 재난 상황별 시뮬레이션을 위한 3D모델, 시계열 빅데이터 분석 및 결과 가시화, 시설물의 건전성 및 안전성 평가모델 등을 활용하여 시설물을 관리하고, 붕괴 위험을 예측할 수 있다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 시설물 사고를 예방하고, 클라우드 소싱 데이터 분석을 통해 이슈 및 위험분석·예측 등을 통해 생애주기 제어를 자동화 하여 관리할 수 있다.

[표 4-6] 시설물 관리 연계데이터 작성

구분		내용
현실문제	시설물 통합관리	- 노후시설물 관리, 개별 시설물의 통합관리를 통한 시설물 사고 예방
데이터 구축모델	시설물 데이터	- 실시간 시설물 실시간 상태 정보, 시설물 설계·건설·관리 등 정보 연계
	시설물 주변 물리적·환경 데이터	- 지형, 건축물, 도로, 일조량, 풍향, 풍속, 강우량, 강설량, 실시간 교통량, 하수관망, 수목현황 등
현실세계-가상세계 연결	개별 센서 데이터	- 정형, 비정형데이터 전송

구분		내용
분석모델	생애주기 관리 모델	- 시설물(교량, 노후 건축물 등) 피로 측정 센서를 활용한 노후 구조물 수명 연한 예측
	재난 상황별 시뮬레이션을 위한 3D모델	- 재난상황에 대한 모델링을 통하여 재난대응, 대피계획 등을 수립할 수 있게 해줌
	시계열 빅데이터 분석 및 결과 가시화	- 인프라 상태 모니터링 및 분석 - 디지털트윈 및 상태, 분석결과 가시화 및 인터렉션
	시설물의 건전성 및 안전성 평가모델	- 인프라 상태 예측 및 대응전략 생성 - 대응전략 시뮬레이션 및 액션플랜 수립 - 우선순위 선정 및 최적화
의사결정 및 자율제어	시설물 사고 예방	- 시설물의 강도, 실시간 외력에 의한 시설물의 변형, 피로도를 측정하여 사전 보수할 수 있도록 정보제공 - 기존 사고 사례에 대한 대응, 원인, 결과 자료를 수집 후 A.I. 학습을 통한 대응 솔루션 제공 모델 구축
	생애주기 제어 자동화	- 시설물 유지, 보수, 운영 자동화 - 시설물 유지·관리·운영 제어 상태 모니터링 - 시설물 폐기 및 재활용 자동화
	클라우드 소싱 데이터 분석	- 뉴스, SNS 등으로부터 이슈 및 위험 분석 및 예측 자동화

3) 소방관리

화재발생 위험 감지 불능 및 화재발생 상황 및 패턴 인지 어려움을 해소하고, 출동시간 단축 등 재난사고 대응 황금시간 사수를 위해 시설물관리 연계테이블을 작성하였다. 데이터 구축 모델로는 시설물 데이터와 시설물 주변 물리적·환경 데이터가 필요하다. 시설물 데이터는 화재 현장실시간 3D 재난상황정보, 교통정보, 전 대상의 3D 실내외 지도 (객체화)가 필요하다. 현실세계와 가상세계를 연결하기 위해서 데이터 개별 센서를 통해 연계할 수 있으며, 경찰청, 시설관리공단 등 유관기관 플랫폼 간 연계가 필요하다. 또한, 화재 발생 범위 예측 모델, 대피경로, 대피장소 등의 선택에 따른 위험 회피 시간 분석 모델을 통해 건물 내부구조를 파악하고 대피경로를 시뮬레이션할 수 있으며, 대피경로 및 대피장소 등의 선택에 의한 위험도 저감 수준에 대한 정보를 파악할 수 있다. 이를 기반으로 재난현장 상황 감지·전파·통합지휘 및 대국민 재난 정보를 제공하여 소방관리를 수행할 수 있다.

[표 4-7] 소방관리 연계테이블 작성

구분		내용
현실문제	재난사고 대응 황금시간 사수	- 화재발생 위험 감지 불능 및 화재발생 상황 및 패턴 인지 어려움 해소 - 출동시간의 단축
데이터 구축모델	화재 현장실시간 3D 재난상황정보	- 화재현장에서 구조자와 요구구조자의 위치정보 - 화재진압 또는 대피 시 이용할 수 있는 출입구의 위치정보 - 구조활동을 위한 장비 위치정보 - 화재(재난) 현장의 3D 드론영상정보, 대피경로 정보, 구조대상자 위치정보 등 재난관리융합정보 구축
	교통정보	- 화재 진압에 필요한 실시간 교통정보 - 화재 진압에 필요한 교통 119맵
	전 대상의 3D 실내외 지도(객체화)	- 건축도면의 전산화 및 3D rebuild 기능(경량화) - 건축도면상 변경사항 발생 시 새로운 도면 업로드 및 즉시 반영 필요- 실내외 위치정보의 표준 좌표(10cm까지 구현가능)
현실세계- 가상세계 연결	개별 센서 데이터	- 정형, 비정형데이터 전송
	유관기관 플랫폼 간의 연계 (인터페이스 등)	- 국민재난안전포털, 세움터, 시설관리공단, 경찰청, 위험 시설물이력관리시스템 등의 연계
분석모델	화재 발생 범위 예측	- 건물 내부 구조 파악 시뮬레이션 - 화재 발생 범위 및 확산 속도 예측 - 수요자 위치 기반의 대피경로 및 대피장소 등 안전지원 공간정보
	대피경로, 대피장소 등의 선택에 따른 위험 회피 시간	- 대피경로 및 대피장소 등의 선택에 의한 위험도 저감 수준에 대한 정보
의사결정 및 자율제어	재난현장 상황 감지·전파·통합지휘 및 대국민 재난정보 제공	- 체계적인 재난현장 상황 감지·전파·통합지휘 및 대국민 재난정보 제공

4) 건물에너지 관리

건물에너지 효율화 향상을 위한 효율적 건물에너지 사용에 대한 척도를 마련하기 위해 건물에너지 관리 연계 테이블을 작성하였다. 데이터 구축 모델로는 객체화된 건물, 건물별 실시간 에너지 소비량 및 생산량 등이 있으며, 이들 데이터에는 건물(주택) 에너지 사용 및 생산 일간, 주간, 월간 사용패턴, 빅데이터를 이용한 기간별 및 단위 면

적별 에너지 사용 정보가 있다. 현실세계와 가상세계를 연결하기 위해 이기종 간 통신(사이버물리시스템 연계 데이터 통신) 표준화와 에너지 생산 및 소비 데이터 유형(전기, 열, 가스 등) 등 양방향 데이터 공유가 필요하다. 분석모델은 생산 및 소비 최적화 모델, 비선형적 소비 및 생산 관계 모델로 이를 통해 건물(주택) 일간, 주간, 월간 에너지 소비 및 생산 패턴, 건물(주택) 에너지 소비 및 생산 피크 최적화를 파악할 수 있다. 또한, 외기온도, 거주인구, 건물용도 등 건물(주택) 유형별 에너지 소비 및 생산 상관관계를 규명하고, 시간대별 에너지 가격, 연료 비용, 설비 효율, 가동 시간 등을 고려한 다양한 시나리오를 작성할 수 있다. 이러한 분석을 기반으로 전력수요관리(대수 제어, 주파수 제어), 재생에너지 발전 저장(ESS) 등 건물(주택) 에너지 소비 및 생산 실시간 제어와 도시 관점의 에너지 수요 관리가 가능하다.

[표 4-8] 건물에너지 관리 연계테이블 작성

구분		내용
현실문제	- 건물에너지 효율화 향상	- 효율적 건물에너지 사용에 대한 척도 필요
데이터 구축모델	- 건물별 객체화 - 건물별 실시간 에너지 소비량 및 생산량	- 건물별 BEMS (AUTO DR 포함) 연계통합 표준기술 - 건물(주택) 에너지 사용 일간, 주간, 월간 사용패턴 - 건물(주택) 에너지 생산 일간, 주간, 월간 사용패턴 - 빅데이터를 이용한 기간별 및 단위 면적별 에너지 사용 정보
현실세계-가상세계 연결	- 데이터 표준화 - 양방향 데이터 공유	- 이기종 간 통신(사이버물리시스템 연계 데이터 통신) 표준화 - 에너지 생산 및 소비 데이터 유형(전기, 열, 가스 등), 전달 주기, 정보 보안, 저장 방법 고려
분석모델	- 생산 및 소비 최적화 모델 - 비선형적 소비 및 생산 관계 모델	- 건물(주택) 일간, 주간, 월간 에너지 소비 및 생산 패턴 - 건물(주택) 에너지 소비 및 생산 피크 최적화 - 외기온도, 거주인구, 건물용도 등 건물(주택) 유형별 에너지 소비 및 생산 상관관계 - 시간대별 에너지 가격, 연료 비용, 설비 효율, 가동 시간 등을 고려한 다양한 시나리오
의사결정 및 자율제어	- 생산 및 소비의 디지털 제어	- 전력수요관리(대수 제어, 주파수 제어), 재생에너지 발전 저장(ESS) 등 건물(주택) 에너지 소비 및 생산 실시간 제어 - 도시 관점의 에너지 수요 관리(auto-DR/BEMS)

3_사이버물리시스템 운영방안

1) 조직적 개선 방안

서울시에서 추진하고 있는 스마트도시 구축 및 운영을 한 단계 발전시키고 서울시 안전, 환경, 시설물관리 등 다양한 업무 분야에 사이버물리시스템의 개념을 접목시키기 위해서는 조직적인 개선이 필요하다.

서울시는 현재 스마트도시정책관을 중심으로 스마트도시 사업을 선도하고 빅데이터, 공간정보시스템, 정보통신, 사물인터넷 등 4차 산업혁명기술을 서울시 행정업무에 적용하고 지원할 수 있도록 하고 있다.

스마트도시정책관을 중심으로 서울시에서 수립한 스마트도시의 비전과 목표, 그리고 이에 따른 추진계획은 서울시 전 부서에 걸쳐 반영되어야 하며, 각 활용부서에서는 이러한 비전과 목표 그리고 추진계획에 따라 관련 분야별 통합과 연계를 통하여 각각의 사업을 추진할 필요가 있다. 하지만 안전, 환경, 도시계획, 교통 등 분야별 스마트도시 사업은 각 부서에서의 요구사항에 따라 개별로 진행되어 분야별 통합과 연계 등은 미흡한 실정이다.

이와 같이 서울시 업무 전반에 걸쳐 스마트도시 사업이 수행되기 위해서는 주요 기술 변화에 신속하게 대응하면서 기존 수립된 서울시 스마트도시 비전과 목표를 주요 사업에서 반영토록 하며, 다양한 분야에서 사이버물리시스템 개념을 기반으로 스마트정책과 사업을 지속적으로 추진할 수 있도록 전담조직의 개선을 고려할 필요가 있다. 조직적 개선 방안으로는 서울특별시장 직속으로 스마트도시정책관을 두고 기존의 업무 이외에도 스마트도시 구축에 대한 기획, 예산, 평가, 조정, 협의 업무를 강조하여 활용 부서 간 융합과 협력을 체계적으로 수행하도록 한다.

이를 통하여 사이버물리시스템 개념을 기반으로 4차 산업혁명 기술을 지속적으로 스마트도시 내에 적용하고 시민들을 대상으로 스마트도시 서비스에 대한 활용 모델을 확충하며, 행정 내부적으로는 업무의 효율성을 극대화할 수 있도록 하여야 한다. 또한 스마트도시 발전단계의 마지막 모습인 미래도시를 준비하고 구축하기 위해서는 향후 디지털부시장의 신설을 고려할 필요도 있다.



[그림 4-2] 서울시 사이버물리시스템 운영을 위한 조직 개선방안

2) 협력체계 구축방안

현재 서울시는 서울시 조례를 통하여 스마트도시 관련 협의체 운영에 대한 내용을 규정하고 있으나 대부분은 서울시와 외부기관 간의 협의체에 관한 사항으로 부서 간 협력체계에 대한 내용은 미흡한 실정이다.

서울시 스마트도시 구축의 전체적인 비전과 목표는 스마트도시정책관을 중심으로 수립되어야 하나, 스마트도시 사업 및 서비스는 전 부서에서 수행되어야 한다. 현재의 스마트도시 추진에 있어 활용부서에서의 정책적인 요구나 실제 업무에서의 활용과는 별개로 스마트도시 사업이 추진되는 경우가 많아 실무부서에서의 활용도가 떨어지는 경우가 있다. 특히 사이버물리시스템은 다양한 부서에서 수행되고 있는 스마트도시 사업을 보다 효율적으로 추진할 수 있는 개념으로 이를 수행하기 위해서는 부서 간 협력체계의 구축이 우선시 된다.

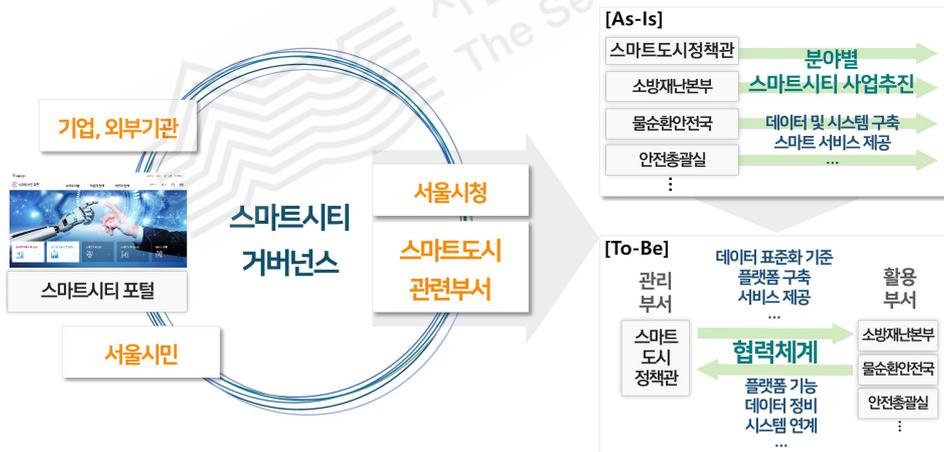
협력체계 구축에 따라 스마트도시정책관은 스마트도시 추진에 있어 컨트롤타워 역할을 강화하고, 스마트도시 사업 시 필요한 표준화에 대한 내용을 선도하며, 스마트도시 플랫폼 구축 및 타 활용 시스템과의 연계를 수행하여야 한다. 활용부서에서는 각 부서에서 사용되는 데이터에 대한 정비, 기존 구축되어 있는 플랫폼의 정보를 파악한 후 업무에 필요한 기능에 대하여 추가적인 요구사항을 제시하여야 한다. 또한 필요시 공

간정보 및 행정정보에 대하여 추가적으로 구축을 요구하고 이를 스마트도시정책관에 서는 적극적으로 반영하여야 한다.

향후 사이버물리시스템의 모형을 통한 스마트도시 서비스가 정착되는 경우 서울시민을 대상으로 서비스가 제공되어야 하기 때문에 시민들을 포함한 외부기관의 적극적인 참여가 이루어져야 한다.

[표 4-9] 서울시 사이버물리시스템 협의체 구성

구분	내용
운영목표	분야(국실별)별 요구사항, 현황을 파악하여 해결이 필요한 주요 현안 및 도시서비스 모델 개발
추진방안	사이버물리시스템 협의체
참여기관별 역할	스마트도시정책관 : 컨트롤타워 역할, 표준화, 협의체 구성, 기술지원, 관련 플랫폼 및 데이터 지원
	분야별 업무부서 : 각 분야별 주요 이슈, 요구사항 제시, 시스템 유지관리 및 운영
	시민, 민간기업 : 스마트도시 서비스 개선 및 개선사항



[그림 4-3] 서울시 사이버물리시스템 운영을 위한 협력체계 구축방안

4_제도개선 방안

1) 사이버물리시스템 관련 조례 현황

「서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례」, 「서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례」, 「서울특별시 사물인터넷도시 조성에 관한 조례」, 「서울특별시 데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 조례」 등이 있다.

「서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례」에서는 현실세계인 스마트도시 구축 시 필요한 기반시설 관리·운영, 정보시스템 연계·통합, 스마트도시사업협의회 설치·운영 등의 사항을 담고 있다.

「서울특별시 사물인터넷도시 조성에 관한 조례」에서는 현실세계와 가상세계를 연결해주는 사물인터넷 관련 내용으로 사물인터넷 도시조성 사업, 시범사업, 협력체계 구축 등의 내용을 담고 있다.

「서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례」에서는 가상세계를 구축하기 위한 공간데이터에 관한 사항을 담고 있으며, 주요 내용으로는 공간정보데이터베이스의 구축·관리, 공간정보 표준 준수, 공간정보의 보급 및 활용 시책 등의 내용을 포함하고 있다.

「서울특별시 데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 조례」에서는 빅데이터 관련 내용을 포함하고 있으며, 주요 내용으로는 빅데이터 등 활용기반 구축, 빅데이터 수집 관리, 빅데이터 활용 등의 내용을 포함하고 있다.

주요 4개의 조례는 사이버물리시스템 구축에 관한 사항을 전반적으로 포함하고 있으나, 현재 서울시에서 추진하고 있는 스마트도시 사업이 한 단계 발전하기 위한 사이버물리시스템 구축의 제도개선을 검토할 필요가 있다.

[표 4-10] 사이버물리시스템 관련 서울시 조례 주요 내용

조례	항목	내용
서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례	제12조(부문별 정책의 추진)	① 시장은 교통, 안전, 환경 등 부문별 정책을 추진하여야 한다. ② 빅데이터, 사물인터넷, 인공지능, 블록체인, 클라우드 등 첨단 정보통신기술 관련 정책을 추진하려는 부서의 장은 스마트도시정책관과 사전에 협의하여야 한다.
	제13조(스마트도시 기반시설 관리·운영)	① 시장은 정보자원, 정보통신 등에 대한 공동 이용 및 효율적인 관리를 위하여 스마트도시법 제2조제3호에 따른 스마트도시기반시설을 설치하거나 관리·운영할 수 있다.

조례	항목	내용
서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례	제13조(스마트도시 기반시설 관리·운영)	② 시장은 필요한 경우 스마트도시기반시설의 관리·운영에 관한 업무의 전부 또는 일부를 「서울특별시 행정사무의 민간위탁에 관한 조례」에 따라 전문기관 등에 위탁할 수 있다.
	14조(정보시스템의 연계·통합)	① 시장은 스마트도시 서비스를 제공하기 위하여 수집된 정보가 스마트도시기반시설과 연계될 수 있도록 관리하여야 한다. ② 시장은 스마트도시 서비스를 통합적·효율적으로 제공하기 위하여 스마트도시기반시설 내 정보시스템이 연계·통합될 수 있도록 관리하여야 한다.
	제18조(스마트도시사업협의회 설치·운영)	① 시장은 스마트도시법 제2조제6호에 따른 스마트도시건설사업 등의 추진을 위하여 같은 법 제24조 및 같은 법 시행령 제28조에 따라 서울특별시 스마트도시사업협회(이하 "협회"라 한다)를 둔다. 다만, 협의회 회의는 개최가 필요할 때마다 구성·운영하고, 회의 종료와 함께 자동 해산된다. ② 협의회는 위원장 1명을 포함한 25명 이내의 위원으로 구성하며, 위원장은 위원 중에서 호선한다. ③ 협의회 위원장은 스마트도시법 제24조제2항 각 호에 해당하는 사람 중에서 성별을 고려하여 시장이 임명 또는 위촉한다. ④ 협의회 위원의 임기는 제1항에 따른 협의회 구성·운영 기간으로 하며, 그 밖에 협의회 운영에 필요한 사항은 「서울특별시 각종 위원회의 설치·운영에 관한 조례」를 준용한다.
서울특별시 사물인터넷 도시 조성에 관한 조례	제7조(사물인터넷 도시 조성 사업)	시장은 사물인터넷도시 조성을 위하여 다음 각 호의 사업을 추진할 수 있다. 1. 사물인터넷 기술을 적용하기 위한 기반 인프라 구축에 관한 사업 2. 사물인터넷 기술의 시범적용 및 실증에 관한 사업 3. 사물인터넷도시 브랜드화 추진에 관한 사업 4. 사물인터넷 플랫폼 기능 고도화에 관한 사업 5. 사물인터넷 관련 기업 지원에 관한 사업 6. 그 밖에 사물인터넷도시 조성을 위하여 필요한 사업
	제8조(시범사업의 실시 등)	① 시장은 사물인터넷도시 조성을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 서울특별시(이하 "시"라 한다) 관내에 사물인터넷 기술을 적용하는 시범사업을 할 수 있다. ② 시장은 제1항에 따른 사물인터넷도시 조성 시범사업에 필요한 행정·재정·기술 등에 관한 사항을 지원할 수 있다. ③ 시장은 사물인터넷도시 조성 사업을 확대하는 경우에는 제1항에 따른 시범사업의 결과를 반영하여야 한다.
	제11조(협력체계의 구축)	① 시장은 사물인터넷도시 조성을 위하여 중앙정부 및 자치구, 법인·단체 등과 긴밀한 협력체계를 구축하여야 한다. ② 시장은 제1항을 위해 필요한 때에는 법인·단체 등의 민간부문과 공동협력을 위한 협약을 체결할 수 있다

조례	항목	내용
서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례	제6조(공간정보 데이터베이스의 구축·관리)	<p>① 관리기관의 장은 수집·생산하는 공간정보를 법 제28조에 따라 국가공간정보체계의 표준과 관계법령에 적합하도록 데이터베이스로 구축·관리하여야 한다. <개정 2015.10.8></p> <p>② 관리기관의 장은 보유·관리하는 공간정보데이터베이스에 대하여 최신정보가 유지될 수 있도록 책임자를 지정하고, 공간정보별 데이터베이스 유지관리대책을 강구하여 시행하여야 한다.</p>
	제10조(공간정보 표준 준수)	<p>① 관리기관의 장은 공간정보체계의 구축, 관리, 활용 및 공간정보의 유통에 있어 법 제21조 및 제23조에서 정하는 기술기준 표준을 따라야한다.<개정 2015. 10. 8.></p> <p>② 관리기관의 장은 국토교통부장관이 지정한 고시에 따라 부여된 공간객체등록번호로 공간정보데이터베이스를 구축하여야 한다.</p>
	제12조(공간정보 의 보급 및 활용 시책)	<p>① 시장은 관리기관이 보유하고 있는 공간정보의 활용도를 높이기 위하여 공간정보의 보급과 유통을 촉진하기 위한 시책을 강구하여야 한다.</p> <p>② 관리기관의 장은 해당 기관에서 구축·관리하고 있는 공간정보가 다른 관리기관과 공동으로 활용될 수 있도록 제1항의 시책을 적극 추진해야 한다.</p>
서울특별시 데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 조례	제13조(빅데이터 등 활용기반 구축)	<p>① 시장은 빅데이터등을 수집·활용하기 위한 전산시스템(이하 "시스템"이라 한다) 등을 구축·운영할 수 있다.</p> <p>② 시스템은 서울시의 정책결정 과정에서 필요한 통계자료의 분석지원과 공공 또는 민간부문에서의 요청 시 시스템 사용을 지원할 수 있다.</p>
	제14조(빅데이터 등의 수집·관리)	<p>① 빅데이터책임관이 시스템 운용 등에 필요한 빅데이터등을 확보하기 위해 서울시의 빅데이터등을 생성·관리하는 부서의 장과 산하기관의 장(이하 "소관부서"라 한다)에게 요청한 경우 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이에 응하여야 한다.</p> <p>② 빅데이터등의 자료 제공을 할 수 없는 소관부서의 장은 그 사유를 서면으로 빅데이터책임관에게 통보하여야 한다.</p> <p>③ 빅데이터책임관은 빅데이터등을 적법한 절차에 따라 확보하여야 하고, 적법하게 확보한 빅데이터등을 총괄관리 및 효율적으로 활용하여야 한다.</p> <p>④ 빅데이터책임관은 소관부서의 장 등에게 제공받은 빅데이터등에 포함된 개인정보를 보호할 의무를 부담하여야 하며, 저작권에 저촉되지 않는 범위내에서 활용하고, 빅데이터등의 제공을 위한 저작권 확보에 노력한다.</p>
	제15조(빅데이터 등의 활용)	<p>① 시장은 교육·교통·의료 분야 등에서 빅데이터 기술을 활용한 서비스를 제공할 수 있다.</p> <p>② 시장은 시민의 편의 증진 등을 위하여 행정, 주민생활, 산업, 복지, 교통 등의 각 분야에서 정책수립 시 빅데이터등을 활용할 수 있다.</p> <p>③ 민간영역의 빅데이터등은 「공공기관의 정보공개에 관한 법률」에 의해 개인정보가 보호되고 있거나, 「저작권법」등에 의해 권리가</p>

조례	항목	내용
서울특별시 데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 조례	제15조(빅데이터 등의 활용)	보호되고 있는 경우 이를 해소하고 빅데이터센터나 시스템에서 활용할 수 있다.<개정 2019. 5. 16.> ④ 제1항 및 제2항에 따른 공공데이터의 서비스 제공과 활용은 시행계획에 포함되어야 한다. 다만, 부득이한 경우 위원회의 심의를 거쳐 그러하지 아니할 수 있다.

2) 사이버물리시스템 관련 서울시 조례 개선사항

사이버물리시스템 관련 서울시 조례의 주요 개선내용으로는 사이버물리시스템과 스마트도시 사업 고도화를 위한 데이터 및 시스템의 표준화 수립, 데이터의 수집 및 활용, 공간정보 협의체 구성 등이 해당된다.

[표 4-11] 사이버물리시스템 관련 서울시 조례 주요 개선 사항

구분	필요성	개선내용
서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례	스마트도시 사업 추진 시 서비스 간 상호 호환성, 연계성을 고려한 서비스 모델 및 운용의 표준화 내용 부재	사이버물리시스템 구축을 통한 스마트도시 데이터, 시스템, 서비스 등의 통합을 위한 표준화와 가이드라인 수립
서울특별시 사물인터넷 도시조성에 관한 조례	사물인터넷을 통하여 구축되는 도시데이터의 수집, 활용 미흡에 따른 활용 증대 및 활성화 필요	사물인터넷을 통한 도시데이터의 수집과 활용도를 높이기 위해 전 주기 관리체계 마련 및 도시데이터 표준화 준수
서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례	3차원 공간정보, 실내공간정보, 드론공간정보, 행정공간정보 등의 정의 부재 공간정보 품질관리 및 활성화를 위한 공간정보 협의체 구성 필요	공간정보 정의 및 공간정보 협의체 구성을 통한 공간정보 표준화 수립, 데이터 품질관리, 데이터 공유 및 활용의 활성화

(1) 서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례

서울시는 과거 U-City 사업 추진 시 서비스 간 상호 호환성, 연계성을 위한 서비스 모델 및 운용의 표준화를 추진할 수 있다는 내용의 조례를 제정할 바 있으나, 현재 스마트도시 및 정보화 조례에서는 관련 내용이 부재한 상황이다. 스마트도시 추진관련 표준화에 대한 근거가 있다 하더라도 스마트도시 서비스 모델, 운용 플랫폼, 사물

인터넷 운영, 공간정보데이터 구축 등에 대한 표준화 가이드라인이 수립되어 있지 않다. 따라서 안전, 환경 등 개별 분야에서의 스마트도시 사업을 수행하는 경우에는 문제가 될 소지가 적지만 분야별 시스템을 연계하거나 서비스를 연동하는 경우 원활한 스마트도시 서비스가 이루어지기 어려운 실정이다. 또한 향후 사이버물리시스템 구축을 통한 스마트 도시서비스가 구축되는 경우 서비스 모델, 플랫폼, 데이터 등의 표준화가 반드시 선행되어야 한다.

이와 같이 서울시 스마트도시가 원활히 진행되기 위해서는 사이버물리시스템의 구축이 적극적으로 지원될 필요가 있으며, 이를 위해서는 기본적으로 스마트 서비스, 플랫폼, 데이터 간의 상호운영성 확보를 위한 입체적인 표준화 작업이 수반되어야 한다. 특히 안전, 환경, 교통 등 부문별 연계 시에는 스마트도시 전체적인 관점에서 공통기술의 연계를 강화하기 위한 표준화 작업이 더욱 요구되기 때문에 스마트도시정책관을 중심으로 선제적인 작업이 이루어질 필요가 있다.

[표 4-12] 「서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례」 개선 사항

법 조 항목	개선 사항
제00조 표준화	① 시장은 스마트도시사업을 추진함에 있어 중복투자 방지와 서비스 간 상호호환성, 연계성을 유지하기 위해 사업추진절차와 스마트도시 서비스모델 및 운용의 표준화를 추진할 수 있다. ② 스마트도시사업의 시행자는 제1항의 표준이 정해지면 이를 준수하여야 한다.

(2) 서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례

① 공간정보 정의 및 내용

가상공간을 구현하고 사이버물리시스템 운영에 필요한 다양한 공간정보를 구축하기 위해서는 3차원 공간정보, 실내공간정보, 드론공간정보, 행정공간정보 등에 대한 정의가 수행될 필요가 있다. 향후 사이버물리시스템에서 가상세계를 구현하기 위한 공간정보 구축, 운영, 활용에 있어 핵심적인 역할을 수행하게 될 드론공간정보, 3차원 공간정보, 실내공간정보, 행정공간정보 등 확장될 공간정보 업무를 중심으로 관련 용어 정의 개선이 필요하다.

② 공간정보 표준준수

기존 조례 제10조(공간정보 표준 준수)에서는 국가에서 정하는 기술기준 표준을 준수

하도록 되어 있으나, 현재의 국가 기술기준 표준을 서울시에서 운영하고 있는 모든 공간정보시스템에 적용하기는 현실적으로 매우 어렵다.

따라서 공간정보 표준을 준수하기 위해 공간정보를 사용하고 있는 부서를 대상으로 서울시 공간정보 표준을 수립하고 준수할 필요성 있으며, 이외에 서울시 공간정보 표준을 적용한 공간정보 활용체계를 촉진할 수 있는 근거 마련이 필요하다.

③ 공간정보 협의체 구성에 관한 사항

「국가공간정보기본법」에서는 제31조(협력체계 구축)에서 관리기관의 장은 공간정보 체계의 구축·관리 및 활용에 있어 관리기관 상호 간 또는 관리기관과 산업계 및 학계 간 협력체계를 구축할 수 있다는 법적근거를 마련하고 있으나 현재의 서울시 조례에서는 서울시 관계부서 및 산학연 전문가와 공간정보 수집·활용을 위한 협력 체계 구축 근거가 부재한 상황이다.

이에 공간정보와 관련한 표준의 제정 및 관리를 지원하고 서울시 부서별 공간정보시스템의 원활한 연계, 데이터 공유 및 활용을 위한 서울시 공간정보 표준화를 수립하고 준수할 수 있는 근거 마련이 필요하다.

이와 같은 내용을 바탕으로 서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례는 제 2조 정의, 제10조(공간정보 표준준수), 제0조(공간정보 협의체 구성) 등의 내용을 [표 4-14]와 같이 개선될 필요가 있다.

[표 4-13] 「서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례」 개선 사항

법 조 항목	개선 사항
제2조 정의	(신설) ① 드론공간정보란 드론을 이용하여 구축한 DSM, DEM, 정사영상, 3차원 모델, 3차원 건물 모델 등을 말한다. (신설) ② 3차원 공간정보라 함은 지형지물의 위치·기하정보를 3차원 좌표로 나타내고, 속성정보, 가시화정보 및 각종 부가정보 등을 추가한 디지털 형태의 정보를 말한다 (신설) ③ 실내공간정보란 국가공간정보 기본법 및 시행령에서 정의된 지상 또는 지하에 존재하는 건물 등 인공구조물의 내부에 관한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지 및 의사결정에 필요한 정보를 말한다. (신설) ④ 행정공간정보란 서울특별시에서 행정업무를 추진하면서 생산한 정보 중 지도태깅이 필요한 공간정보를 말한다.
제10조(공간정보 표준준수)	(신설) ③ 관리기관의 장은 법 제21조에 따른 공간정보와 관련한 표준의 제정 및 관리를 지원하고 서울시 부서별 공간정보시스템의 원활한 연계, 데이터 공유 및 활용을 위한 서울시 공간정보 표준화를 수립하고 준수하도록 한다.

법 조 항목	개선 사항
제0조(공간정보 구축 협의체)	(신설) ① 서울특별시장은 공간정보체계의 구축관리 및 활용에 있어 관리부서 상호 간 또는 수요 부서와 산업계 및 학계 간 협의체를 구축할 수 있다. ② 서울특별시장은 공간정보 협력체계를 다음 각 호와 같이 구성한다 1. 관리부서로 구성된 공간정보체계 구축 협의체 2. 수요부서와 산업계 및 학계로 구성된 공간정보 시정활용 협의체 ③ 공간정보체계 구축 협의체는 다음 각 호의 사항을 협의 조정한다. 1. 공간정보와 관련한 표준의 제안 2. 공간정보의 구축·갱신 및 품질관리 등에 대한 사항 3. 공간정보의 활용·개방 및 공간정보의 유통과 관련된 기술기준의 제정 4. 제1호 및 제2호에 따른 공간정보와 관련한 표준 및 기술기준의 준수 방안 제안

(3) 서울특별시 사물인터넷도시 조성에 관한 조례

「서울특별시 사물인터넷도시 조성에 관한 조례」에서는 사물인터넷 도시조성 사업, 시범사업 등의 내용을 담고 있으나, 실제 사물인터넷을 통하여 구축되는 도시데이터의 수집, 활용에 관한 내용이 미흡하다. 특히 서울시 분야별 도시데이터가 확대 구축되고 있으나, 이에 대한 활용방안이 미흡한 실정이다. 따라서 스마트 도시데이터에 대한 활용 전략을 수립하고 도시데이터 활용모델 설계를 통하여 관련 분야에서 공동으로 활용할 수 있도록 하여야 한다. 이외에 서울시에서 추진하고 있는 복합센서에 대한 표준화를 지원할 수 있는 내용으로 복합센서 설치기준 설계를 통한 센서 설치의 확대, 도시데이터의 원활한 활용을 위한 표준화 수립 등의 개선이 필요하다.

[표 4-14] 「서울특별시 사물인터넷도시 조성에 관한 조례」 개선 사항

법 조 항목	개선 사항
제0조(도시데이터의 수집, 활용)	(신설) ① 서울시장은 도시데이터의 수집·활용을 위한 전 주기 관리체계를 마련하고 도시데이터의 활용도를 높이기 위하여 도시데이터의 보급과 유통을 촉진하기 위한 시책을 강구하여야 한다. ② 관리기관의 장은 해당 기관에서 구축·관리하고 있는 도시데이터가 다른 관리기관과 공동으로 활용될 수 있도록 제1항의 시책을 적극 추진해야 한다
제0조(도시데이터의 표준화 준수)	(신설) ① 관리기관의 장은 사물인터넷 관련 복합센서의 표준 제정 및 관리를 지원한다. ② 서울시 부서별 도시데이터의 원활한 연계, 데이터 공유 및 활용을 위한 도시데이터 표준화를 수립하고 준수하도록 한다.

「서울특별시 스마트도시 및 정보화 조례」

「서울특별시 공간정보의 구축과 활용 등에 관한 조례」

「서울특별시 사물인터넷도시 조성에 관한 조례」

「서울특별시 데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 조례」

김원태 외, 2014, “SmartAmerica Challenge 기술동향”, 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석
Vol. 29 No. 4, pp.72-81

강진아, 2018, “한국형 디지털트윈을 꿈꾸는 한국국토정보공사-전주시 스마트시티 구축”, 공간정보
가을 Vol.20, pp.24-27

강형묵, 황경태, 2018, 제조 분야 사이버 물리시스템(CPS) 연구 동향 분석, 정보화정책 제25권 제3호,
가을호, pp.3-28

국토교통부, 세종특별자치시, 한국토지주택공사(2019), 세종 스마트시티 국가 시범도시 시행계획
김대욱, 2018, “사례를 통해 본 3차원 공간정보의 활용효과” 디지털트윈공간세미나 발표자료, EGIS
Labs

박지혜, 2014, 초연결사회 도래와 사이버물리시스템(CPS), 한국정보화진흥원, IT & Future Strategy
제3호

박철홍·최명호, 2017, 사이버물리시스템 활용 서비스동향, 디지에코 보고서

사공호상 외, 2017, 지능정보사회에 대응한 차세대 국가공간정보 전략 연구

사공호상, 2018, 4차 산업혁명을 견인하는 ‘디지털트윈 공간(DTS)’구축 전략

서울시, 2018, 스마트서울 실현을 위한 사물인터넷 도시 조성 기본계획

서울시정 4개년 계획(2019~2022)

서울시 2020 스마트도시 및 정보화 시행계획

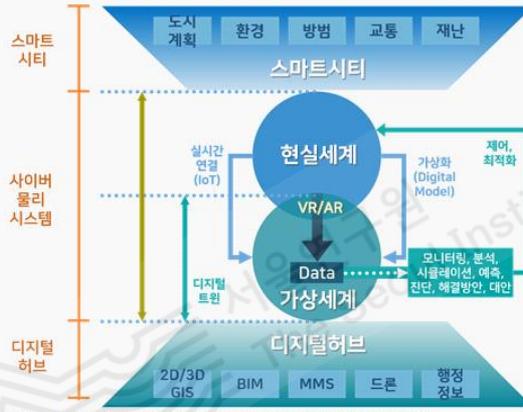
서울시 스마트시티 추진계획, 2018, 서울특별시

- 서울특별시, 2020, 스마트시티 구현을 위한 S-Map 추진계획
- 서울시 물순환안전국, 2018, 2018년 하천 위기상황 관리시스템 추진 계획
- 서울시 기후환경본부, 2020.10, 2021년 서울시 에너지전환 플랫폼 확대운영 계획
- 손상혁, 2016, 융합의 또 다른 이름, 사이버물리시스템. 지식의 지평, 21호. p.4.
- 안용준 외, 2018, 시민참여기반의 스마트시티 모델 정립, 대전세종연구원
- 이인수 외, 2019, 전주시 스마트시티 구축을 위한 거버넌스 마련 연구
- 이진우, 2008, 국토공간계획지원체계(KOPSS), 한국지역정보개발원, 지역정보화 52권 0호, 2008년 9월, pp.56-63
- 임영현, 2017, 공장에서 도시까지 디지털로 복제하는 디지털트윈, 공간정보 웹메거진
- 임시영 외, 2017, 4차 산업혁명에 대응하는 현실국토와 가상국토의 연계·활용 전략
- 임시영, 2017, 현실과 가상이 연결된 스마트국토 구현 방향과 실천 과제, 국토정책 Brief. No. 640
- 한국정보통신기술협회, 2018, 4차 산업혁명 핵심 융합사례 스마트시티 개념과 표준화 현황, 표준화 이슈 2018-1호
- Fei Tao et al. Digital Twins and Cyber-Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison, Engineering 5 (2019) 653-661
- Sokwoo Rhee & Geoff Mulligan, "SmartAmerica Challenge" PIF 2013-2014 발표자료

■ 다음은 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System)의 개념 및 특징에 대한 설명입니다.

- [사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 개념]**
- 사이버물리시스템은 현실세계와 가상세계와의 융합을 추구하는 새로운 패러다임으로 현실 세계에서 작동하는 IoT, CCTV, 각종 센서 등 다양한 도시정보와 3차원 공간정보를 기반으로 하는 가상세계를 실시간으로 연결하여 상호작용하는 양방향 시스템
 - 현실세계의 정보를 가상세계에 실시간으로 연결하고, 이를 분석 및 시뮬레이션으로 통해 도시문제를 해결하는 의사결정을 지원하고, 나아가 도시 자율제어가 가능하도록 하는 액츄에이터
 - 디지털트윈(Digital Twin)은 물리 세계(Physical)를 가상의 디지털세계에 구현하는 기술로 정의하는 것으로 현실세계를 자율제어 하는 사이버물리시스템과 차이가 있음

- [사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 특징]**
- 사이버물리시스템은 제조, 의료, 교통, 에너지 등 각 분야에서 활용하고 있으며, 최근에는 도시 전체를 디지털트윈으로 구축하고 현실세계와 가상세계를 실시간으로 연결하여 도시문제 해결을 위해 활용



※ 자료: 국토교통정보 디지털허브 시범구축 운영 제안설명회 발표자료

[스마트시티에서 사이버물리시스템과 디지털 트윈]

II 사이버물리시스템(CPS) 공통부문

□ 사이버물리시스템(CPS) 구성요소

- 사이버물리시스템은 ①현실문제, ②현실 데이터, ③현실 모델링, ④데이터 전달, ⑤가상모델(가상화), ⑥의사결정, ⑦자율제어의 7가지로 구성됩니다.
- 각 구성요소별 중요도를 1부터 5까지 다음을 참고하여 아래 표를 작성해 주십시오.

< 5점척도 기준표 >

1	2	3	4	5
매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음

- 사이버물리시스템의 7가지 구성요소 외 다른 구성요소가 있을 시 추가로 작성해 주십시오.

사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical System) 구현에 핵심이 되는 구성요소/기술요소		
기술요소명	세부정의 및 내용	점수
현실문제	도시에서 발생하는 문제점	
현실 데이터	현실문제를 해결하기 위해 필요한 데이터 (예: 기후, 지형, 건축물, 유동인구 등)	
현실 모델링	현실의 물리적 구성요소의 3D 모델링 구축	
데이터 전달	현실 데이터를 현실 모델링에 실시간으로 연계	
가상모델 (가상화)	현실 데이터, 현실모델링, 데이터 전달의 요소를 가상세계에 구현. 디지털 트윈	
의사결정	모니터링, 시뮬레이션 등 분석에 의한 진단, 예측 등을 통한 해결방안	
자율제어	분석에 의해 도출된 의사결정이 현실세계에 자동으로 적용되어 제어함으로써 도시의 최적화	
서비스	분석 결과와 의사결정을 활용하여 행정 및 공공·시민에 최적화된 서비스 제공	
기타		

III 사이버물리시스템(CPS) 기술 수준 조사

□ 사이버물리시스템(CPS) 기술요소

- 사이버물리시스템은 도시 전체에 적용이 가능하나 국내 사이버물리시스템은 현재 시작단계로 특정 산업이나 어플리케이션에 적용이 가능한 수준입니다. 현재 산업별 일부 사이버물리시스템이 적용되고 있기는 하나 특정 업종에서만 구현되고 있어 사이버물리시스템 플랫폼으로서 명명하기 어려운 실정입니다. 이에 이러한 사이버물리시스템을 도시로 확장 적용 시 필요한 기술요소를 다음과 같이 정의하였습니다. 다음 사이버물리시스템 기술요소를 보시고 현재 구현할 수 있는 기술요소 수준과 사이버물리시스템 구성에 중요도를 고려하여 점수를 부여해 주십시오.

< 5점척도 기준표 >

1	2	3	4	5
매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음

- 다음 사이버물리시스템의 기술요소 외 필요기술이 있을 시 추가로 작성해 주십시오.

사이버물리시스템 구현에 핵심이 되는 중점 기술요소		
기술요소명	설명	점수
데이터 취득 (IoT)	실시간 센싱데이터의 수집·관리 방안, 이동 센싱데이터 통합 방안, 센싱정보의 무결성 보장 방안, 센서-통신 연결성 확보 (시계열 데이터, 빅데이터 등)	
데이터 전달, 연결	데이터와 가상객체의 연결 기술, Geo-IoT 관련 기술, 유관분야 데이터와 연계/융합 기술	
데이터 구축/갱신 (Bigdata)	데이터 정밀도 제고기술, 기존 데이터 통합기술, 자동 인식 및 인공지능기술, 실시간 갱신기술	
보안	공간데이터에 대한 암호화 기술, 데이터 보안 및 사이버보안 기술	
공간데이터 (3D GIS)	기 구축 데이터의 최대한 활용, 신기술 적극 도입, 객체 기반의 3차원 데이터 구축, 사용자 참여형 구축/갱신	
가시화	다양한 기기에 적용이 가능한 기술, AR/VR 중심의 가시화기술, 게임의 빠른 영상처리기술과 같은 데이터의 압축/검색/운용 기술	
분석 및 결과해석 (AI)	3차원 환경에 적합한 분석기술, 알고리즘 중심 분석기술, 빅데이터 분석 및 AI 활용 등의 선도적 기술, 다이내믹(Dynamic)한 시공간 분석기술, 가시화기술	
자율제어	분석결과를 통해 문제해결 방안을 도출하고 이를 현실세계에 자동으로 적용하여 조정	
기타		

□ 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 기술 발전 단계

- 현재 국내 사이버물리시스템 관련 기술 발전단계에 해당하는 부분에 체크(✓)하여 주시기 바랍니다.

사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 기술발전 단계					
구분	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
사이버물리시스템 기술성숙도					

- 현재 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 구현을 위한 세부기술 수준에 해당하는 부분에 체크(✓)하여 주시기 바랍니다.

서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 구현을 위한 세부 기술수준							
구분		기술력	매우	미흡	보통	우수	매우
		없음	미흡				우수
시스템 연계 및 표준화	분야별 정보시스템간 연동						
	분야별 정보시스템 표준화						
	<i>기타 추가사항</i>						
데이터 처리	현실세계 데이터의 가상공간의 전달						
	실시간 데이터의 표준화						
	실시간 데이터의 에러처리						
	<i>기타 추가사항</i>						
모델링	현실세계 문제에 대한 분석 및 시뮬레이션 등 모델링 구축						
	분석결과의 가시화						
	<i>기타 추가사항</i>						
처리 속도	분석 및 시뮬레이션 처리 속도 최소화						
	분석결과의 현실세계 반영하는 속도 최소화						
	<i>기타 추가사항</i>						
의사결정	실효성 있는 분석 및 시뮬레이션 수행을 통한 의사결정						
	<i>기타 추가사항</i>						
자율제어	인간의 개입이 없이 분석결과를 통한 도시 자율제어 가능성						
	<i>기타 추가사항</i>						

IV 서울시 사이버물리시스템(CPS) 적용 및 활용 조사

□ 서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 구현을 위한 인프라

- 서울시에서는 사이버물리시스템을 구현 및 운영할 수 있도록 가상세계(디지털트윈)인 Virtual Seoul이 구축되어 있으며, IoT를 포함한 각종 센서로 실시간 데이터를 수집하고 저장할 수 있는 인프라를 마련하였습니다.
- 서울시에 사이버물리시스템을 구축하고 운영하기 위해서는 수집 중인 데이터와 Virtual Seoul과 실시간으로 연계할 수 있어야 하며, 이를 활용하여 분석 및 시뮬레이션을 통해 도시현상을 진단하고 예측할 수 있도록 해야 합니다.
- 이에 따라 공간정보 인프라인 Virtual Seoul과 IoT데이터인 S-Dot의 현황을 파악하고 이를 활용하여 사이버물리시스템을 구현하고 운영하는 데 필요한 사항을 파악하고자 합니다.

- 상기를 참고하시어 서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 구현을 위한 인프라의 기술 수준에 해당하는 부분에 아래에 체크(✓)하여 주시고, 기술력 향상을 위해 필요한 사항들에 대해 작성해 주시길 바랍니다.

서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 기술수준						
구분	기술력 없음	매우 미흡	미흡	보통	우수	매우 우수
서울시	사이버물리시스템					
	사유 및 기술력 향상을 위한 필요사항					
	디지털 트윈: Virtual Seoul_S-Map					
	사유 및 기술력 향상을 위한 필요사항					
	IoT 도시 데이터: S-Dot					
	사유 및 기술력 향상을 위한 필요사항					
	빅데이터					
	사유 및 기술력 향상을 위한 필요사항					
	AI					
	사유 및 기술력 향상을 위한 필요사항					

□ 서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 활용 및 운영

- 서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 사업의 향후 확산 방향을 아래에 작성하여 주시기 바랍니다.

향후 서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 선도 사업 확산 방향성
<예시> 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System)의 확산 및 효과성을 고려한 산업 및 서비스 분야의 실증사업 추진
<예시> 향후 실시간 적용 서비스 체계 마련을 위한 실증사업 지원

- 향후 서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 구현 및 운영을 위해 요구되는 지원 정책에 대하여 아래에 체크(✓)하여 주시기 바랍니다.

서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 구현 및 운영을 위한 정부 정책					
구분	매우 중요 하지 않음	중요 하지 않음	보통	중요	매우 중요
사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System)의 구현을 위한 부처별 업무 협력체계 마련					
사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 로드맵 제시					
시스템 및 데이터 연계를 위한 공통표준 적용방안 제시					
수요부서에 대한 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 적용을 위한 기반 인프라 구축					
법·제도개선					
사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 시범사업 실시					
기타: _____					

□ 분야별 서울시 사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical System) 적용 및 활용

- 사이버물리시스템은 도시, 방재, 보건, 교통, 에너지, 소방 등 다양한 분야에서 발생하는 문제점을 개선하고 효율적으로 운영하기 위해 응용되고 있습니다.

도시계획	도시 각 분야의 현상을 모니터링하고, 예측 시뮬레이션을 통해 도시 계획 및 운영에 활용
방재	발생 가능한 재난 재해의 예측, 예방, 대비, 대응, 복구에 활용
보건	장애인 및 노인 환자의 치료를 개선하기 위해 환자의 신체 상태를 실시간 원격 모니터링
교통	개별 차량과 교통 인프라 사이에 교통, 위치 또는 문제에 대한 실시간 정보를 공유하여 사고 또는 혼잡을 예방
환경 에너지	센서 및 기타 장치를 통해 건물 내 에너지 활용을 모니터링하여 에너지 효율성 개선
소방	화재 예측 및 대피 시뮬레이션을 통해 소방대원의 교육 및 훈련에 활용, 효율적 대피경로에 대한 정보 공유

- 상기 분야를 서울시 사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical System)을 통해 구현하기 위해 필요한 핵심기술 및 세부내용에 대하여 작성하여 주시기 바랍니다. 또한 다음 표에서 제시하는 사이버물리시스템의 활용목적에 참고하시어 해당되는 부분에 모두 체크(✓)하여 주시기 바랍니다.

모니터링 및 진단	현실세계의 데이터를 수집하여 가상공간에서 모델링하여 실시간으로 모니터링하고 진단함에 따라 도시관리 강화
예측	현실세계의 데이터를 수집하여 가상공간에서 시뮬레이션 하여 향후 발생 할 이벤트에 대해 예측
최적화	현실세계 실시간 환경 데이터를 수집하여 건물·시설(물리적 대상)의 상태를 시뮬레이션을 통해 최적화
의사결정	수집 구축된 다양한 빅데이터를 기반으로 분석 및 예측을 통해 정책결정시 의사결정 지원

- 또한 서울시에서 사례에서 제시하고 있는 사이버물리시스템을 구현할 수 있는 가능성의 정도와 가능성이 낮은 경우, 구현을 위한 필요사항에 대해 작성해 주십시오.
- 다음 사이버물리시스템의 활용사례 외 다른 사례가 있을 시 추가로 작성해 주십시오.

< 5점척도 기준표 >

1	2	3	4	5
매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음

서울시 사이버물리시스템 활용 목적					구현가능성		
적용산업 (서비스 영역)	핵심기술 및 세부내용	활용목적				서울시 구현 가능성 (5점 척도)	구현을 위한 필요사항
		모니 터링	예측	최적 화	의사 결정		
도시계획							
방재							
보건							
교통							
환경 에너지							
소방							
기타							

■ 상기 질문에서 응답하신 "서비스 영역"의 기대되는 과급효과에 대해 작성하여 주시기 바랍니다.

국내 디지털트윈 활용 목적	
적용 산업 (서비스 영역)	과급효과
도시계획	
방재	
보건	
교통	
환경 에너지	
소방	
기타	

V 서울시 사이버물리시스템(CPS) 적용 및 활용 방안(전문 및 관련 분야 작성)

□ 분야별 서울시 사이버물리시스템(CPS; Cyber Physical System) 적용 및 활용

▪ 다음은 분야별 서울시 사이버물리시스템을 적용하고 활용하기 위해 필요한 사항을 As-Is/To-Be로 작성해주시고 이를 구현하기 위해 필요한 공간정보 및 기술 등에 대해 자유롭게 기술하여 주시기 바랍니다.

▪ **전문 및 관련 분야에서 필요한 사이버물리시스템 구성요소는 무엇입니까?**

전문 및 관련 분야 ()	현재 수준 및 요구 수준		요구 공간정보 및 기술
① 현실문제	As-Is	▶ (예)출동시간	<ul style="list-style-type: none"> ■ (예)화재현장에서 구조자와 요구 조자의 위치정보 ■ 화재 진압에 필요한 소화기, 소화전의 위치정보 ■ 화재진압 또는 대피 시 이용할 수 있는 출입구의 위치정보
	To-Be	▶ 출동시간 단축	
② 현실정보(현실데이터)	As-Is	▶	
	To-Be	▶	
③ 공간정보(현실모델링)	As-Is	▶	
	To-Be	▶	
④ 데이터 전달	As-Is	▶	
	To-Be	▶	
⑤ 가상모델(가상화)	As-Is	▶	
	To-Be	▶	
⑥ 의사결정	As-Is	▶	
	To-Be	▶	
⑦ 자율제어	As-Is	▶	
	To-Be	▶	
⑧ 기타	As-Is	▶	
	To-Be	▶	

A Study on the Establishment and Utilization of Cyber-physical System Supporting Smart Cities in Seoul

Suk-Min Lee · Hyung-Mi Yoon

Since 2018, the Seoul Metropolitan Government has established a smart city Seoul strategic plan and has been pushing for smart projects to solve urban problems such as urban planning, transportation, safety, the environment, and the economy in various areas. In order to support these smart city projects, the Smart City Policy department started to conduct projects on the use of high-tech technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and three-dimensional spatial information.

Recently, the establishment of a cyber-physical system has emerged as a major issue for effectively supporting the smart city. Cyber-physical system is a new paradigm that seeks convergence between the real world and the virtual world, and it is a bi-directional system that interacts with various urban information such as IoT, CCTV, and various sensors.

In this study, the concept, role, composition of cyber-physical systems was examined. Through this, it was intended to explore the implementation tasks and utilization measures necessary for the establishment and operation of the cyber-physical system of Seoul Metropolitan Government. In addition, we reviewed the new features and roles of spatial information required in the construction of cyber-physical systems.

A cyber-physical system construction model was proposed as a result of this

major research, linking major platforms and utilization departments in Seoul, improving organizations and legal systems, and building 3D spatial information data.



Contents

01 Introduction

- 1_Background and Purpose of the Study
- 2_Main Contents and Research Methods

02 Concept of Cyber-physical System and Domestic and International cases

- 1_Concept of Cyber-physical System
- 2_Relationship between Smart Cities in Seoul and the Cyber-physical System
- 3_Case Studies of Cyber-physical System Applications in Korea and across the World

03 Analysis of Demands for Cyber-physical Systems in Seoul

- 1_Status of Smart City Projects in Seoul
- 2_Requirements Analysis of Departments in Seoul
- 3_Analysis of Technology Demand for Cyber-physical Systems

04 A Study on the Establishment of CyberPhysical System

- 1_Direction of Cyber-physical System in Seoul
- 2_Utilization of Cyber-physical System
- 3_Cyber-physical System Operation Plan
- 4_Measures to Improve the Legal System

Appendix

Reference

서울시 스마트도시 지원
사이버물리시스템 구축과 운영방안

서울연 2020-BR-21

발행인 유기영

발행일 2021년 3월 12일

발행처 서울연구원

ISBN 979-11-5700-601-4 93530 8,000원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

이 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.