
사이버물리시스템의 해외 주요국 정책 및 사례

- 싱가포르, 미국, 영국 -

윤형미 서울연구원 안전환경연구실 연구원 (yoon@si.re.kr)

1. 개요

사이버물리시스템이라는 용어는 2007년 미국 국립과학재단(NSF; National Science Foundation)에서 처음 사용된 것으로, 우리가 살아가는 현실세계와 컴퓨터 속 사이버세계(가상공간)와의 융합을 추구하면서, 기존 제어시스템들과 비교하여 규모와 복잡도가 매우 크고 물리세계와 밀접하게 상호작용하는 양방향성 시스템이다(손상혁, 2016). 사이버물리시스템은 사물인터넷으로 구축된 환경에서 컴퓨터가 네트워크를 통해 사이버세계와 현실세계를 연결하여 실시간으로 데이터를 수집하고 분석할 수 있다. 이를 통해 현실세계에 대한 이해가 가능하고 신속한 반응성에 기반한 안전성 향상과 최적 알고리즘을 통해 시스템 스스로가 현실세계를 제어하는 자율성 확보가 가능하다.

이러한 사이버물리시스템은 스마트도시 발전과정인 기반 구축 단계(도시 하드웨어와 도시 전체를 연결할 수 있는 유·무선 통신 인프라 구축), 도시 플랫폼 단계(각종 센서를 통한 도시 정보 수집 및 데이터 공유와 활용 지원), 미래도시 단계(데이터 처리·분석하는 알고리즘 바탕으로 도시문제 해결을 위한 아이디어와 서비스 제공) 중 미래도시 단계에 필요한 기술로 도시 전체에 적용되어 활용하고 있다.

2. 사이버물리시스템 적용 정책 및 활용 사례

(1) 싱가포르: Virtual Singapore

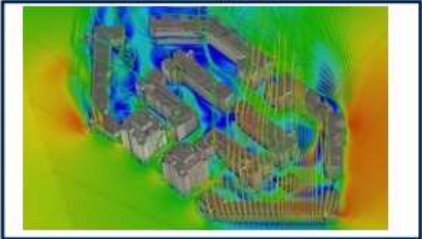
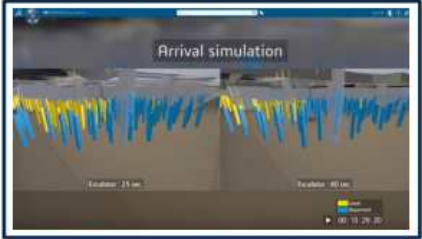


싱가포르에서는 다양한 도시문제를 해결하기 위해 모델링과 시뮬레이션의 필요성이 대두됨에 따라 싱가포르 도시 전체를 3D 모델링하고 활용할 수 있는 Virtual Singapore를 구축하였다. Virtual Singapore는 1단계 Visualize & Virtualize (2015.6-2.17.6), 2단계 Experience the City (2016.6-2018.6), 3단계 Operate & Manage the City(2018.1-2019.6)로 진행되었다. Visualize & Virtualize 단계에서는 싱가포르를 3D 모델로 구축하고 이를 활용하여 에너지, 교통, 소음, 바람, 그늘 등의 시뮬레이션을 하였다. Experience the City 단계에서는 시뮬레이션의 범위를 확대하고, 버스운영, 교통정보 등 다양한 시민 서비스를 제공하였다. Operate & Manage

the City 단계에서는 도시 운영을 최적화하고 데이터 중심의 의사결정을 수행하였다.

Virtual Singapore에는 건축물, 지형속성, 지반속성, 도시 인프라 등의 3D 모델링 데이터와 차량 및 사람의 이동, 바람길 등 실시간 동적 정보 데이터를 구축하였다. 건축물은 LOD 2.5를 기반으로 하되, 중요 건물은 LOD 4로 실내정보까지 구축하였다. 3D 공간정보는 OGC CityGML 표준에 기반하여 가시화하고, 지도 제어 및 서비스 시나리오를 통해 시뮬레이션 할 수 있도록 하였다. 버추얼 싱가포르의 비즈니스 분석, 자원 계획 및 관리, 의사결정 지원 등 정부 사업분야에 활용되며, 이 외 싱가포르의 가치창출을 위한 기술 개발, 새로운 연구 분야의 협업, 가상실험, 가상 테스트베드 등 연구 및 개발에도 활용된다.

Virtual Singapore는 크게 실험, 테스트베드, 계획 및 의사결정, 연구 및 개발로 활용되었다. 실험에서는 네트워크 커버리지 분석, 재난 위험 분석, 공기 흐름 분석, 오염 분석 등이 수행되었으며, 테스트베드에서는 건물대피 시뮬레이션, 교통량 시뮬레이션, 태양열 설치 검증, 소음 분석 검증 등이 수행되었다. 계획 및 의사결정에서는 도로계획 수립, 풍향을 고려한 건물배치, 그림자를 고려한 단지 조성, 육교연결 도로 결정 등에 활용되었으며, 연구 및 개발에서는 IoT 모니터링, 시민을 위한 서비스 개발, 쾌적한 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 시뮬레이션</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;">풍향을 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

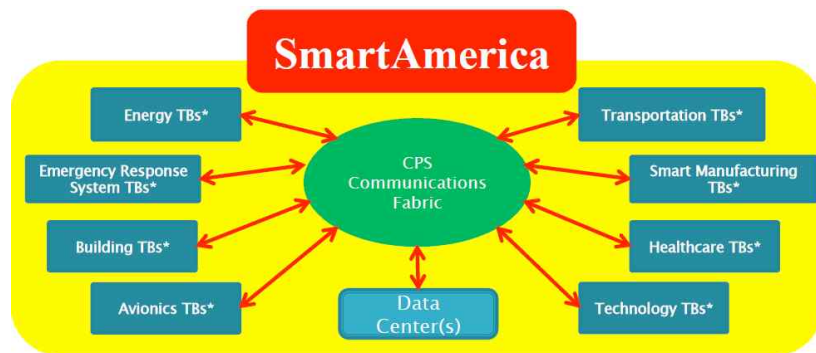
[Virtual Singapore 활용 예시]

(2) 미국: SmartAmerica Challenge(SAC)

미국 대통령과학기술자문위원회(PCAST)에서 2007년 처음 사이버물리시스템을 언급하면서 국가 경쟁력 강화를 위해 사이버물리시스템 연구에 가장 높은 우선 순위를 부여한다고 하였다. 또한, 사이버물리시스템은 보안 및 경쟁력에 필수적이며, 우리의 삶은 사이버물리시스템에 달려있다고 하였다. 이후 2010년에는 사이버물리시스템 연구에 지속적인 투자를 요구하면서 사이버물리시스템이 성장잠재력이 큰 미래의 혁신기술이라 판단하고 있다.

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. 이러한 사이버물리시스템의 예로 사물인터넷, 스마트 그리드, 스마트 로봇, 자율자동차 및 교통관리망, 비상대응네트워크, 네트워크 지원의 의료솔루션, 제조 공장 등이 있다.

분야별 상호 연결된 사이버물리시스템은 안전, 지속 가능성, 효율성, 선진 의료 서비스 등 다양한 분야에서 이점을 입증할 수 있을 것으로 예측하였다. 이에 공유 데이터 및 관련 데이터 분석을 통해 분야별 사이버물리시스템 테스트베드를 쉽게 통합하고 사용할 수 있도록 통합 사이버물리시스템을 구축하였다. 사이버물리시스템 테스트베드가 구축된 분야는 에너지, 비상대응, 빌딩, 항공, 기술, 헬스케어, 스마트 제조, 교통으로, 분야별 사이버물리시스템 테스트베드는 데이터센터와 함께 통합 사이버물리시스템에 연결된다.



출처: Sokwoo Rhee & Geoff Mulligan, "SmartAmerica Challenge" PIF 2013-2014 발표자료

[SmartAmerica Challenge 테스트베드 구조]

분야별 사이버물리시스템은 분산에너지, 스마트 커뮤니티를 위한 공공 안전, 스마트 비상 대응 시스템, 스마트 제조, 자율자동차, 스마트시티 관리, 스마트 빌딩 옥상 등 다양한 프로젝트로 진행되고 있다.

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.

사이버물리시스템은 의료 데이터의 활용성 증진과 도시 및 커뮤니티 회복력 기술 구축, 의료시스템 개선을 위한 인명구조, 새로운 사이버물리시스템 구성요소의 개발·설치·유지관리를 위한 일자리 창출 촉진하는 데 중점을 두어 개발하고 있다. 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, 공익사업, 제조, 비상대응 등 다양한 분야의 산업 이해관계자 등 100개 이상의 기관에서 SAC에 참여하여 사이버물리시스템 개발 및 활용을 위한 연구를 진행 중이다.

(3) 영국: VU.CITY-LONDON

VU.CITY-LONDON은 런던의 가상도시 모델을 만들어 런던 정부에서 이를 활용하여 도시운영의 효율성을 높이고 시민은 다양한 데이터를 통해 시민 체감형 서비스를 받을 수 있도록 한 시스템이다. VU.CITY-LONDON에는 SNS를 비롯한 교통, 날씨, 환경정보, 뉴스정보 등 실시간 데이터를 연동하여 상호작용하는 모델을 구축하였으며, 지리 정보, 경관, 교통 및 채광 등의 데이터를 활용하여 시스템을 복합적으로 이용하였다.

VU.CITY-LONDON 구축에는 도시정보데이터, 실시간 도시환경 변화 데이터, 건물 및 도시계획 이력 데이터, 3D 디지털 모델을 활용하였다. 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 데이터와 기존 도시계획 이력 데이터를 구축하였다. 또한, 데이터의 정확도 향상을 위해 고해상도 항공사진의 스테레오 사진 측량데이터를 지상에서의 레이저 스캐닝과 결합하였으며, 이를 통해 건물, 도로, 나무 및 공공공간을 포함한 도시 전체를 15cm 이내의 정확도로 구현하였다.

VU.CITY-LONDON을 통해 산업개발 전반에 걸쳐 보다 나은 정보를 활용한 의사 결정 및 협업, 설계, 기획 프로세스 구축에 활용하였으며, 다양한 도시계획 모델 및 시뮬레이션을 통해 향후 계획을 고려한 도시계획을 수립하는 데 활용한다.

또한, 도시계획 시 지역사회 시민들의 참여를 통한 투명한 방식의 도시개발 프로세스를 제공하고, 도시민들이 원하는 정보를 언제든지 접할 수 있는 가상의 도시 모델을 제공하였다. 이와 더불어 건물건설 시 변경되는 도시의 스카이라인을 사전에 제공하여 시민들이 보행자 레벨에서 도시경관 변화를 체감할 수 있도록 하였다.

VU.CITY-LONDON을 활용하여 도시개발 및 의사결정에 소요되는 시간과 비용을 절감하고, 도시계획 초기 단계에서 계획의 성격과 영향을 명확하게 제공함으로써 개발 위험을 최소화한다.



출처: VU.CITY 홈페이지(<https://vu.city/>)

[VU.CITY-LONDON의 활용]

3. 도시적 측면의 시사점

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

사이버물리시스템 구축의 목적은 도시문제를 해결하는 것이기 때문에 현재 도시에 당면한 문제를 인식하고, 이를 해결하기 위한 분석 알고리즘을 개발하는 것이 중요하다. 따라서 해결해야 할 도시문제가 무엇인지 살펴보고, 이와 관련한 데이터를 구축하고 문제해결을 위한 분석 알고리즘을 개발하여야 한다. 데이터의 경우 미구축되어 있는 데이터는 추가적으로 수집할 수 있는 방안을 마련하고, 저장하고 활용할 수 있도록 해야 한다.

(2) 분야별 시스템 구축 후 도시단위로 확장

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

(3) 사이버물리시스템의 지속적 운영을 위한 거버넌스 구축

사이버물리시스템을 지속적으로 운영하기 위해서는 분야별 스마트시티 사업을 추진하는 부서와 관련 기관들의 협력체계가 필요하다. 사이버물리시스템은 도시 데이터 수집, 저장, 분석, 활용 및 도시적용까지 순환적으로 이루어져야하기 때문에 관련 부처 및 기관들의 협력체계는 필수적이다. 이를 통해 사이버물리시스템의 활용을 증대하고 지속적으로 운영할 수 있다.

[본 원고는 서울연구원의 “서울시 스마트도시 지원 사이버물리시스템 구축과 운영 방안” 보고서에 근거하여 작성되었음.]