

스마트시티의 새로운 도전: 소프트웨어 정의 도시로

2021. 12. 17

이 동 만

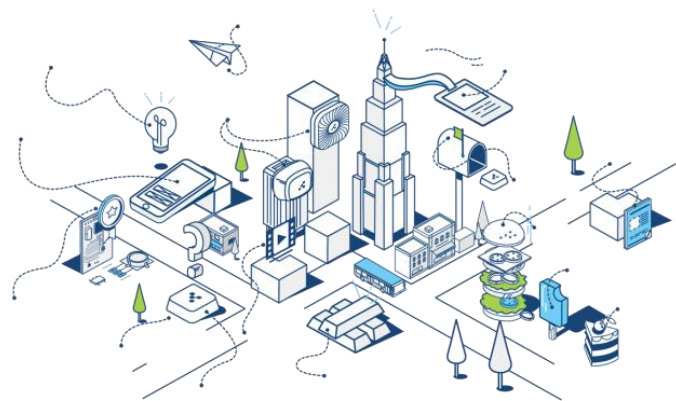
KAIST 공대학장(전산학부 ICT기금석좌교수)



스마트시티의 궁극 [Zambonelli15]



감지하고, 판단하고, 실행하는 ICT 에이전트와
인간의 융합



다양하고 복잡한 도시 스케일의 다중
에이전트 시스템



주어진 역할을 수행하기 위해 끊임없이 다른
에이전트와의 협업을 스스로 판단하고 결정

그리하여 마치 하나의 유기체처럼 작동.

스마트시티의 현주소: 데이터 중심의 서비스

IoT 기반 스마트 시티의 한계

IoT as Data

- 특정 목적 중심
- Low level data



위치 기반 서비스

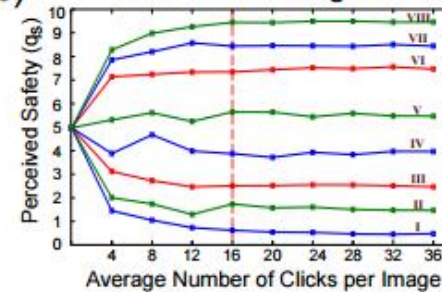
- 사용자의 위치 정보
- 장소에 대한 일차원적



(a) Which Image Looks Safer?



(b) Trueskill Convergence



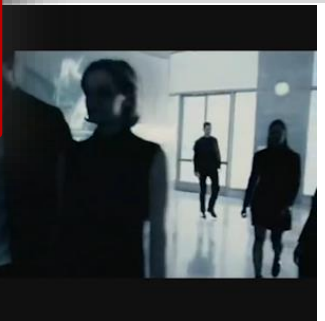
MIT StreetScore: Crowdsourcing 기반 길거리 안전성 측정



Time Players

정보 결합
 락(장소성) 이해
 분산 IoT 간 상호
 지능 자율 학습

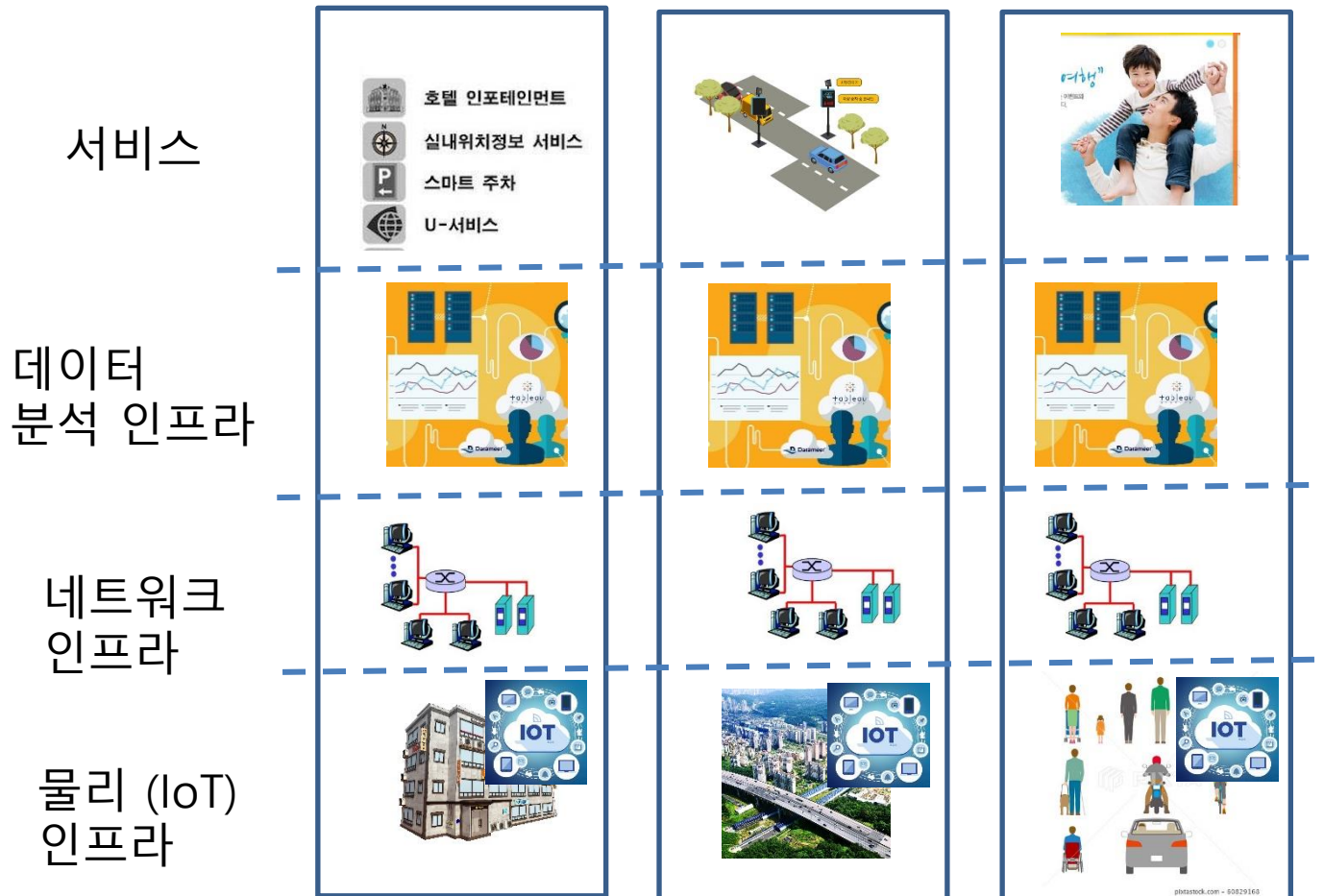
물리/가상 IoT
 기업 지원 Urban
 핵심 기술 연구



[1] Sanchez, Luis, et al. "SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed." Computer Networks 61 (2014): 217-238.

[2] Nikhil Naik et al., "Streetscore - Predicting the Perceived Safety of One Million Streetscapes," CVPR Workshop on Web-scale Vision and Social Media, 2014.

스마트시티의 현주소: 데이터 중심의 사일로



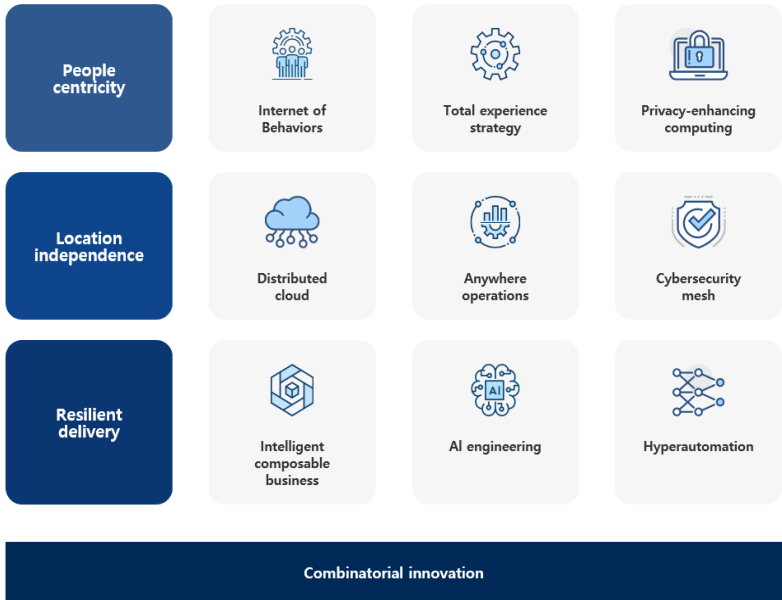
스마트시티 = 도시의 디지털 전환 - 기술의 민첩성

Digital Transformation의 도전 과제

- 사람 중심성(People centricity)
 - 행동 인터넷(loB, Internet of Behavior): 데이터를 이용해 행동을 바꿈
 - 총체적 경험(Total Experience): End-to-End 경험 설계를 통한 혁신
 - 개인정보 강화 컴퓨팅(Privacy-enhancing computation):
- 위치 독립성(Location Independence)
 - 분산 클라우드(Distributed cloud): 다양한 지역에서의 퍼블릭 클라우드
 - 어디서나 운영(Anywhere operations): 위치로부터 자유로워짐
 - 사이버보안 메시(Cybersecurity mesh): 확장 가능한 유연하고 안정적인 사이버보안 제어 필요
- 회복 탄력성(Resiliency Delivery)
 - 지능형 구성 가능한 비즈니스(Intelligent composable business): 새로운 환경의 기초를 다짐
 - 인공지능 공학(AI engineering): 인공지능 기술 기반 기술화
 - 초자동화 (Hyperautomation): 자동화할 수 있는 모든 것을 자동화

-> 기술 자체 보다 Digital Transformation을 위해 효율성보다 **기술의 민첩성**이 중요

Gartner Top Strategic Technology Trends for 2021



* Ref : Gartner Top Strategic Technology for 2021

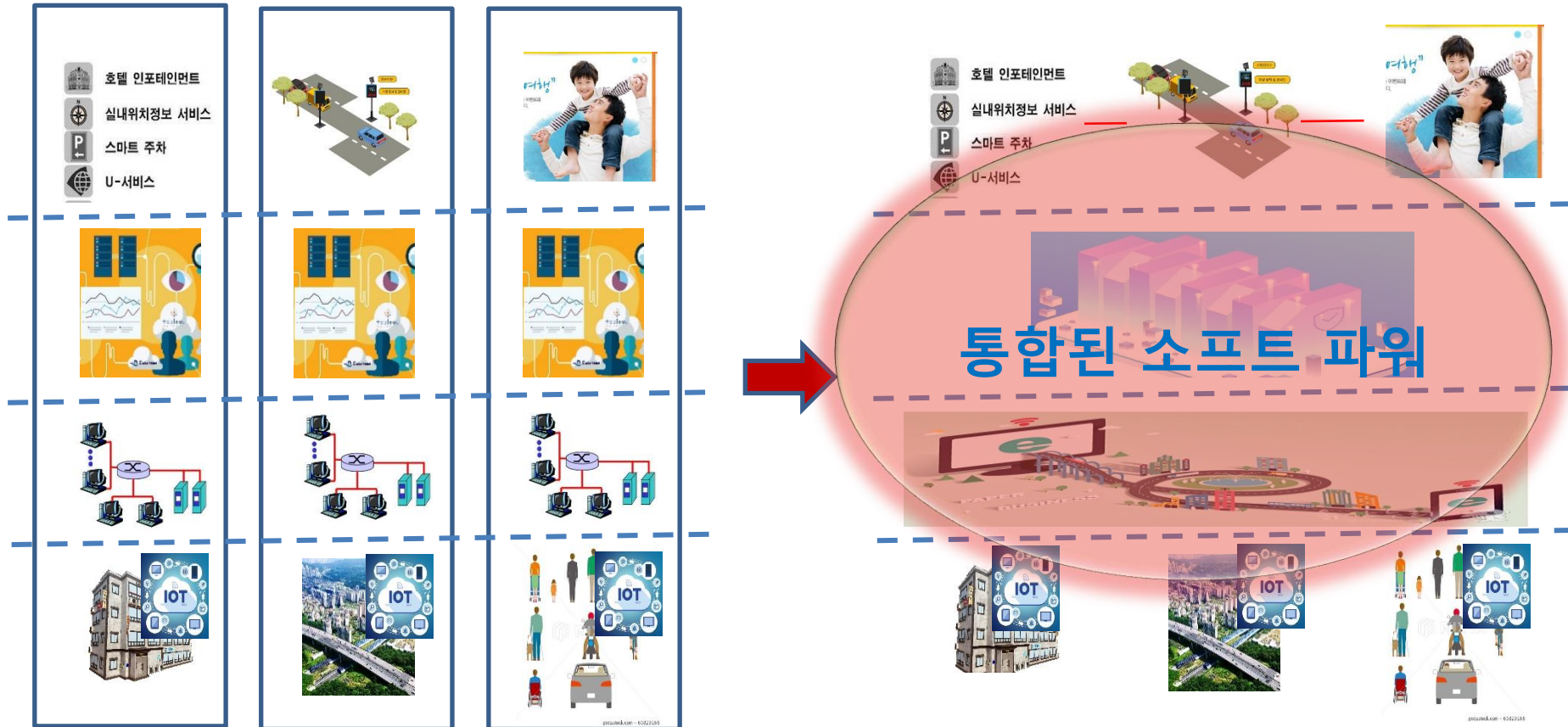
Gartner

새로운 기술 패러다임: 공존에서 공진으로

인간에 대한 이해를 기반으로 즉시적 상황 판단, 상황 변화 내재화, 궁극적으로 경험과 지식을 통한 인간과 기술의 일체화를 이룰 수 있는 인간-기술 공진

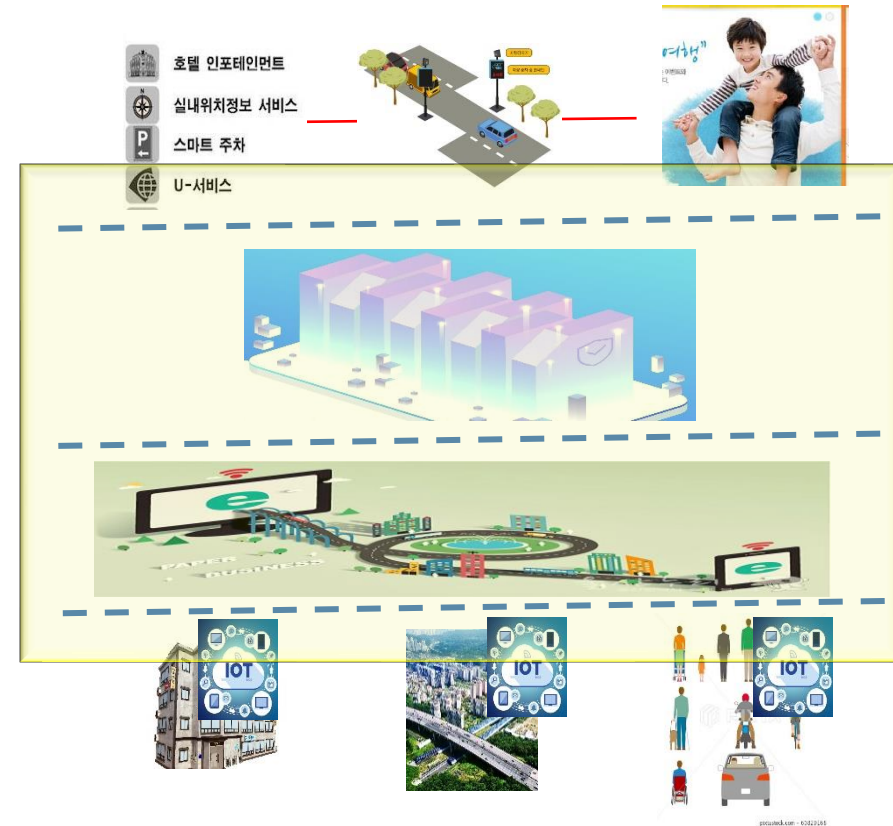
(Human-Technology Symbiosis)의 새로운 패러다임
“Technology + 소프트 파워”

스마트시티가 하나의 유기체 (공존)로



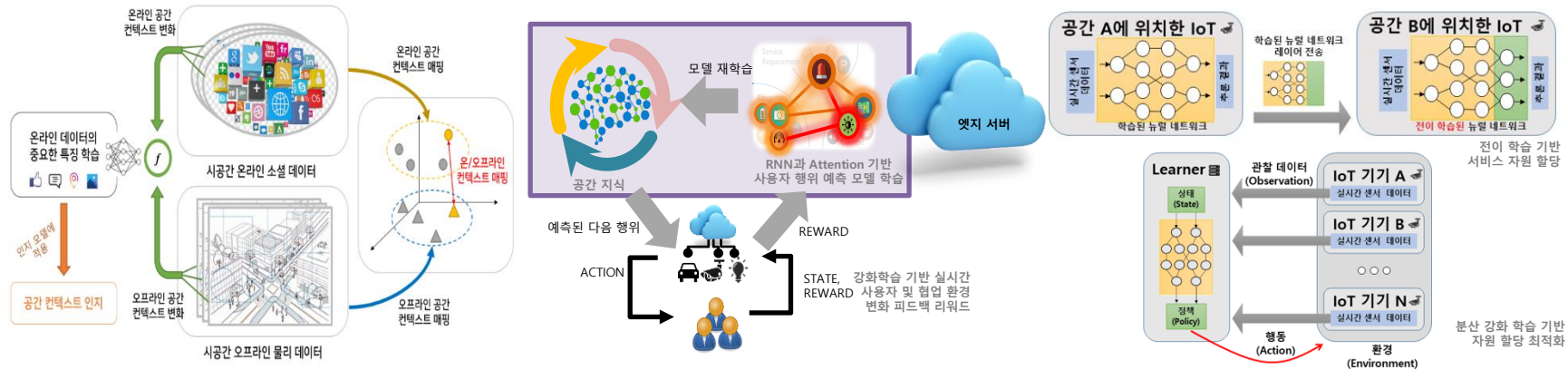
소프트웨어 정의 도시 (Software defined City)

개방형 API를 통해 도시 물리 인프라의 동작을 소프트웨어 기반 컨트롤러에서 제어/관리하도록 수행 동작을 지정하는 **컨트롤 플레인**과 이 동작을 수행하는 **데이터 플레인**이 분리하여 도시 인프라의 세부 구성정보에 얽매이지 않고 요구사항에 따라 도시 인프라가 **스스로 적응하고 진화**할 수 있도록 하는 구조



소프트웨어 정의 도시 핵심 요소 기술

도시 공간의 적응적 재구성을 위한 자가 학습



공간 장소성 인지

응용에 따른 **최적의 환경 컨텍스트 선택**을 위한 온/오프라인 데이터 융합 모델 기반 **적응적 컨텍스트 매핑** 기술 연구

연구
목표

연구
내용

- 공간 시계열 온라인 소셜 데이터와 오프라인 물리 데이터를 융합한 모델 기반 **RNN을 이용한 공간 컨텍스트 예측 및 최적의 응용 컨텍스트 구축** 연구
- 오프라인 물리 데이터로부터 예측된 공간 컨텍스트와 온라인 소셜 미디어 데이터로부터 예측된 공간 컨텍스트의 **임베딩 기반 적응적 컨텍스트 매핑 기술** 연구

실시간 공간 의미 추론

실시간 **사용자 행위 의도**를 예측하기 위한 RNN과 attention 메커니즘 중심의 **통합 딥러닝 모델** 연구

- 다수의 사용자가 존재하는 공간 내에서 생성된 IoT 데이터를 기반으로 RNN과 **Attention 메커니즘을 이용한 사용자들의 다음 행위 예측 기술** 연구
- IoT 협업 환경이나 사용자 행위의 변화를 실시간으로 대응하여 안정적인 스마트 서비스 제공을 위한 **강화학습 기반 사용자 행위 예측 통합 딥러닝 기술** 연구

공간 역할 재구성

성능 차이가 있는 IoT 기기 간 **서비스 품질 유지**를 위한 전이학습 및 분산 강화학습 기반 **자원 할당 최적화 기술** 연구

- 새로운 환경에서의 빠른 서비스 품질 유지를 위한 **전이 학습 기반 서비스 자원 할당 최적화 기술** 연구
- 성능 차이가 있는 IoT 기기 간 서비스 품질 유지를 위한 **분산 강화 학습 기반 자원 할당 최적화 기술** 연구

소프트웨어정의도시의 발전 단계 – 자율 적응

기술 발전 단계:

Understand

Adapt

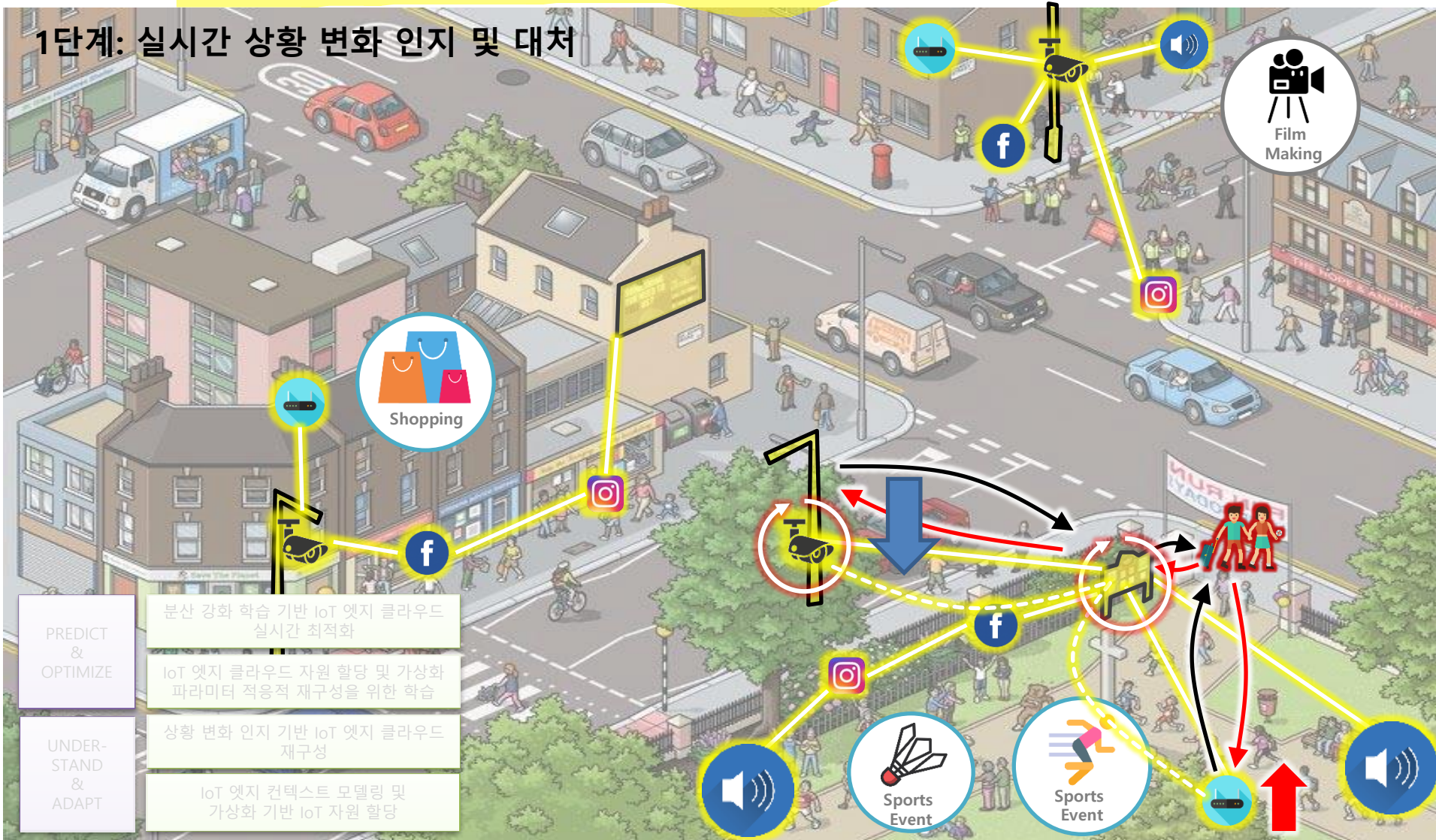
Predict & Optimize

Mobile

Federate

Self-Healing

1단계: 실시간 상황 변화 인지 및 대처



요소 기술 작동 시퀀스

기술 발전 단계:

Understand

Adapt

Predict & Optimize

Mobile

Federate

Self-Healing

Service Requirement

Resource

Context

1. 최적의 환경 컨텍스트 실시간 선택을 효율적으로 수행하기 위한 분산 강화학습 기반 적응적 컨텍스트 매핑

2. 컨텍스트 매핑 변화에 따른 최적의 자원 할당 재구성을 위한 엣지 IoT 간 분산 강화학습 기반 자원 할당

엣지 서버

공간 지능

엣지 자원 & QoS 모니터링

- Resolution ▼
- Bandwidth ▼

Docker & Containers

Knowledge

분산 강화학습

Docker & Containers

Knowledge

Urban Traveler

Resource & QoS Self-Monitoring

- Power ▼
- Brightness ▲

Docker & Containers

Knowledge

Service Requirement

Resource

Context

3. 엣지 IoT 간 효율적인 작업 이동을 위한 엣지 IoT 간 분산 강화학습 기반 컨테이너 파라미터 재구성

Mobile

Federate

Self-Healing

소프트웨어정의도시의 발전 단계- 자율 진화

기술 발전 단계:

Understand

Adapt

Predict & Optimize

Mobile

Federate

Self-Healing

실시간 상황 변화 및
적응적 주요 컨텍스트 추론

- 늦은 저녁, 어두워진 도심가
- 쇼핑 후 안전한 귀가

Public Safety

2단계: 예상치 않은 상황 변화에 대한 자율 판단 및 성장

엣지 카메라 협업 기반
안전 귀가 에스코트 서비스

SELF-
HEALING

효율성 제고를 위한 IoT 엣지 컴퓨팅
플랫폼 고도화

MOBILE
&
FEDERATE

신규 컨텍스트 추론 기반 가상화
파라미터 및 자원 할당 최적화

다중 IoT 엣지 클라우드 협력을 위한
이중 엣지 IoT 통합 관리

이동에 따른 서비스 지속 지원을 위한
가상화 파라미터 및 지식체계 매핑

요소 기술 작동 시퀀스

기술 발전 단계:

Understand

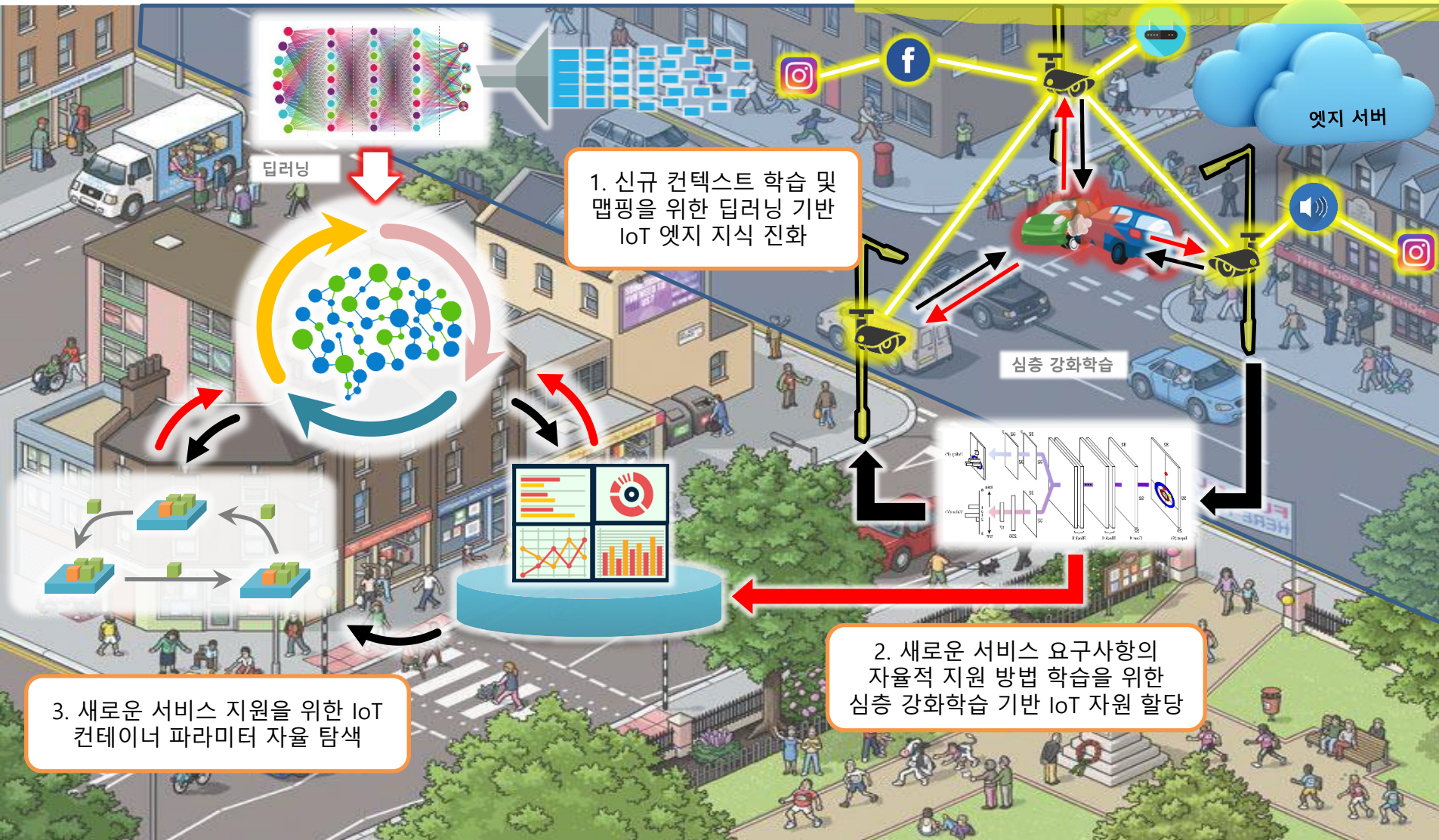
Adapt

Predict & Optimize

Mobile

Federate

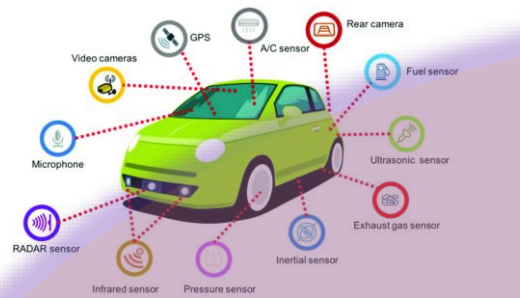
Self-Healing



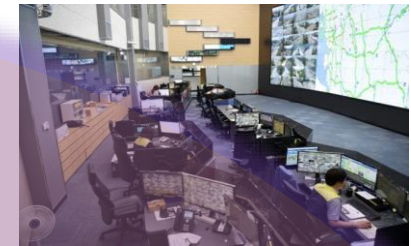
소프트웨어 정의 도시 – 소프트웨어 정의 모빌리티

DPCcars

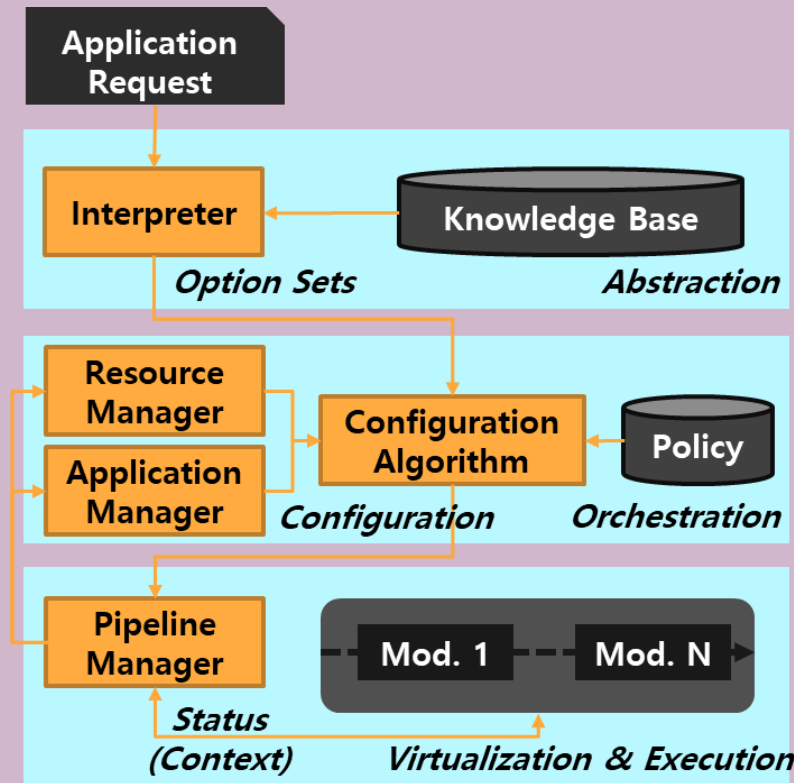
KAIST STAR 모빌리티 플랫폼 구조



차량



관제 센터



mOS platform

(차량-관제-인프라-이용자 간
통합 연계 가능)



서비스 이용자

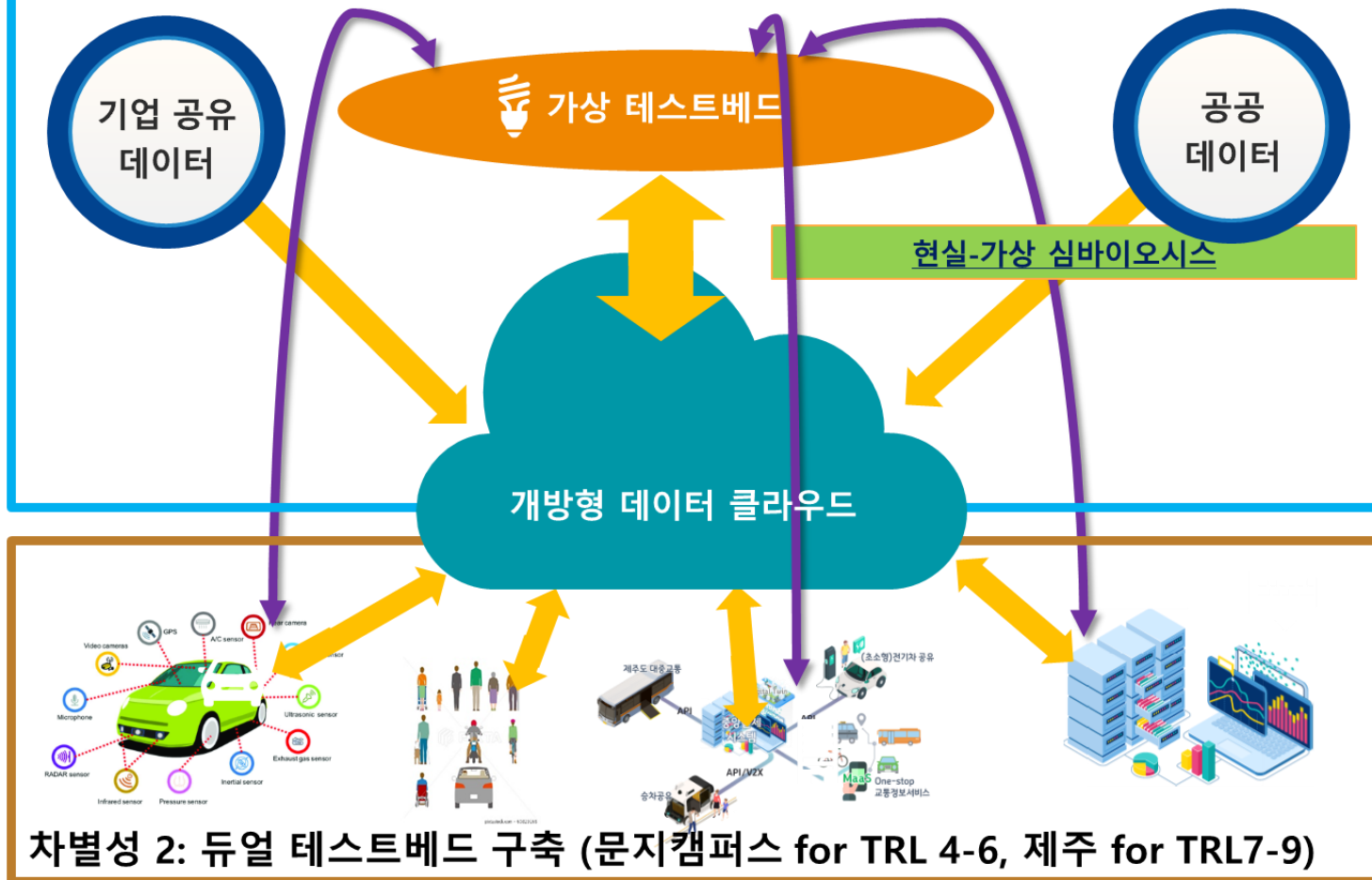
도로 인프라



KAIST STAR 모빌리티 플랫폼 구조

기술적 차별성

차별성 1: 개방형 통합 모빌리티 플랫폼 구축



소프트웨어 정의 도시: 물리와 가상이 만나는 새로운 메타버스

소프트웨어 정의 도시: Cyber-Physical Symbiosis

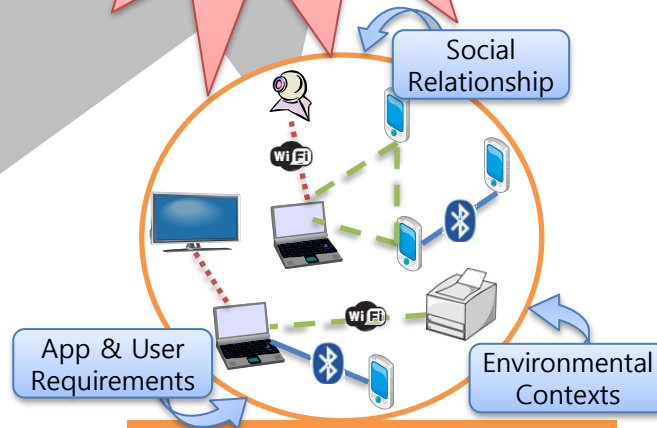


Cyber Space



Physical Space

Dynamicity
Heterogeneity
Big data
Placeness



Internet of Things



A participant posing at the Seoul VR AR Expo 2021