

KOREN SmartX Platform 단계별 구축 전략

Document No. 10

Version 1.0

Date 2017-11-20

Author(s) 김종원, 석승준, 강선무,
최덕재, 한선영, 정의현,
김경백, 박선

■ 문서의 연혁

버전	날짜	작성자	비고
초안 - 0.1	2017. 09. 20	김종원, 석승준, 강선무, 최덕재, 한선영, 정의현, 김경백, 박선	
0.8	2017. 10. 20	김종원, 석승준, 강선무, 최덕재, 한선영, 정의현, 김경백, 박선	
1.0	2017. 11. 20	김종원, 석승준, 강선무, 최덕재, 한선영, 정의현, 김경백, 박선	

본 연구는 한국정보화진흥원(NIA)의 미래네트워크선도시험망 (KOREN) 사업 지원과제의 연구결과로 수행되었음 (17-951-00-001).
 This research was one of KOREN projects supported by National Information Society Agency (17-951-00-001).

Contents

#10. KOREN SmartX Platform 단계별 구축 전략

1. 문서의 목적	4
2. 배경	4
3. 소프트웨어 중심 KOREN SmartX Platform 설계	8
4. KOREN SmartX Playground 구축	12
5. KOREN SmartX Open Platform 구현	17
5.1. Visibility Center와 OpenAPI	18
5.2. Orchestration Center와 OpenAPI	19
6. KOREN SmartX Platform 단계적 구축 전략	22

그림 목차

그림 1: 개방형 네트워킹과 개발운영 병행을 통한 미래인터넷 신산업 생태계 기반 구축	5
그림 2: 개방형 ICT 인프라/플랫폼/서비스 구조	6
그림 3: OF@KOREN & OF@TEIN Playground (2016.05)	6
그림 4: KOREN SmartX Platform 개념도	8
그림 5: SD-WAN 기반 오버레이 플랫폼 구조	9
그림 6: KOREN SmartX Platform을 통한 오버레이 기반 서비스 네트워크 구축 사례 ..	10
그림 7: KOREN SmartX Platform 서비스 개발자 워크플로우 개념도	11
그림 8: KOREN SmartX Playground 벨트 구조	12
그림 9: Type S/C/O Box를 이용한 KOREN SmartX Playground 구축	13
그림 10: KOREN SmartX Playground 및 Control Tower 구축 사례	14
그림 11: KOREN SmartX Control Tower와 Open Platform 연동 구조	16
그림 12: KOREN SmartX Open Platform 개념도	17
그림 13: SmartX Playground Visibility OpenAPIs 및 가시화 UI 지원	19
그림 14: 개발자 맞춤형 인프라(클라우드/네트워크) Orchestration OpenAPIs 개념도	21
그림 15: KOREN SmartX Platform 협업을 위한 KOREN SmartX 오픈소스 포탈 구축	22
그림 16: KOREN SmartX Platform 단계별 통합 및 확장 로드맵	24

#10. KOREN SmartX Platform 단계별 구축 전략

1. 문서의 목적

- o 본 문서의 목적은 국내 정보 기술 및 서비스 개발자들이 KOREN 망을 개방적이고 효율적으로 이용할 수 있도록 KOREN 사용자 중심 오픈 플랫폼인 KOREN SmartX Platform을 제안하고 단계별 구축 전략을 세우는데 있다.
- o 본 문서에서는 KOREN의 개발자 맞춤형 KOREN 서비스 인프라로 제안한 KOREN SmartX Platform 구축에 관해서 기술한다.

2. 배경

- o 초 연결사회를 대비한 인프라의 요구사항으로서 파괴적인 수준의 급속한 변화를 수용할 수 있는 혁신적인 소프트웨어 지향성을 들 수 있다.
 - 미래 사회와 산업이 요구하는 동적인 자원 공급과 이에 근간한 서비스 제공을 감당할 수 있는 유연하면서도 경제적인 인프라의 필요성이 대두되고 있으며, 이에 대응하여 거대규모(hyper-scale)의 클라우드 데이터센터들을 중심으로 ICT 인프라의 하드웨어적인 모습이 나타날 것으로 예상된다.
 - 사용자 환경이 점차 모바일화 되면서 가벼운 스마트 단말이 ICT 인프라와 연결될 것이고, 또한 각종 스마트한 사물들도 비슷한 형태로 연결될 것으로 예상된다.
 - 이런 모습이 세계적으로 자리를 잡으려면 국가와 지역에 따라서 큰 시차를 가지면서 5~10년 정도의 장기적인 변화를 공통적으로 겪을 것으로 예상된다.
- o 오픈소스 소프트웨어 중심 기술의 부상
 - 오픈소스(Open Source)는 단어 자체에서 알 수 있듯이 소스코드를 오픈하여, 전 세계적으로 자발적인 참여하에 인력을 결집하여 원하는 응용(서비스)을 빠르게 개발하고 수정하여 안정화된 버전을 제공하는데 이점을 갖는다.
 - 소프트웨어-정의 네트워크/컴퓨팅 인프라, 서비스 플랫폼, 응용 서비스 등의 분야에서 개방형 국제표준에 기반한 오픈소스 소프트웨어를 활용하고 오픈소스 개발에 기여하는 것은 컴퓨터분야 세계적인 추세에 부합하는 방법이다.
- o 소프트웨어-정의 인프라의 핵심 요소: SDN/NFV/Cloud 와 오픈소스 소프트웨어
 - SDN (Software-Defined Networking)은 제어평면과 전달평면을 분리하여 네트워크를 구축 및 운용하는 개념으로서 트래픽 전달과 처리를 소프트웨어 기반의 컨트롤러에서 중앙집중식으로 제어/관리함으로써 지능화된 네트워크 서비스가 가능하게 되고 클라우드 컴퓨팅 서비스와 결합이 쉬워진다.

- 2014년부터 OPNFV (Open Platform for NFV) 프로젝트가 신설되어 상호운용 가능한 다양한 NFV 솔루션과 개발에 필요한 소프트웨어/하드웨어의 확보가 활발히 시작되었다. NFV 기술은 네트워크 디바이스와 기능을 클라우드 컴퓨팅을 활용하여 유연하게 구현 할 수 있는 효과적인 기술로 5G 이동통신의 핵심기술이다.
 - 클라우드 컴퓨팅은 미래 사회에서 컴퓨팅은 물론이고 네트워크 구현의 핵심요소가 될 것이다. 클라우드 인프라 분야에 대한 오픈소스 클라우드 OS 의 대표주자인 OpenStack도 최근 비약적으로 커뮤니티 확산을 진행하면서, 3대 비공개 클라우드 (Amazon AWS, Google GCE, MS Azure)와 연계 (부분적으론 대항)하는 프라이빗 클라우드 구축을 위한 주력 기술로 부상한 상태이다.
- o 4차 산업혁명 시대를 대비하기 위하여 KOREN 은 오픈소스 소프트웨어 기반으로 SDN/NFV/Cloud 를 통합한 소프트웨어-정의 (Software-Defined) 인프라의 구축과 운용을 통해 혁신적인 인터넷 R&D 생태계를 구성할 필요가 있다. 소프트웨어 중심의 개방형 인프라는 미래 산업인터넷 연구자들을 위한 오픈 이노베이션 플랫폼으로 역할을 하여야 한다. [그림 1. 참조]
- KOREN은 아이디어 연구와 테스트베드를 조화롭게 엮는 개방형 그리고 소프트웨어를 중심의 산학연 컨소시엄들을 발굴하고 단계적으로 육성하여 4차산업을 위한 혁신으로 이어가는 R&D 전략의 추구가 필요한 상태이다.

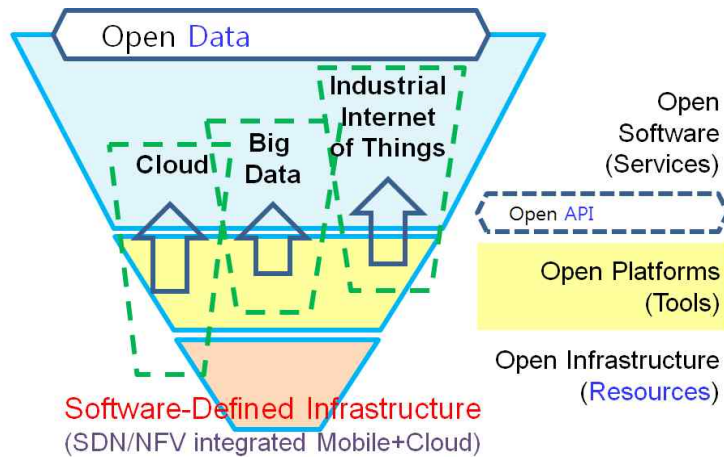
Open Innovation Platform



<그림 1. 개방형 네트워킹과 개발운영 병행을 통한 미래인터넷 신산업 생태계 기반 구축>

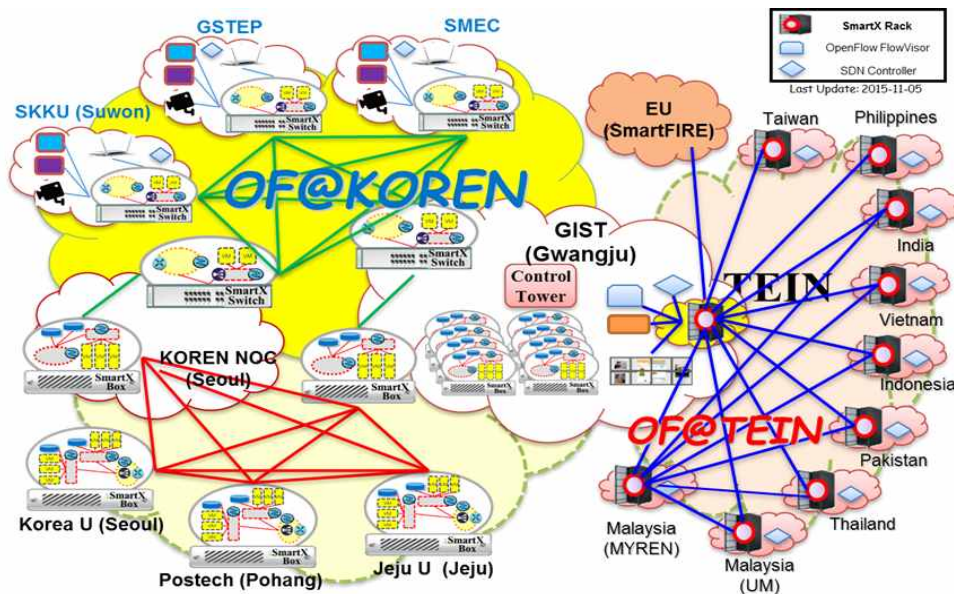
- ICT 인프라/플랫폼/서비스가 개방된 데이터와 어울려지는 미래지향적인 개방형 ICT 생태계 구축에 기여하려면 SDN/NFV/Cloud를 포괄하는 소프트웨어-정의 인프라가 구축되어야 한다. 이러한 인프라 위에 Cloud, BigData, I2oT(Industrial

IoT를 연계하는 개방형 플랫폼을 만들고 고쳐가면서 수요자가 요구하는 서비스 창출을 신속하고 경제적으로 제공하도록 구축해야 한다. [그림 2. 참조]



<그림 2. 개방형 ICT 인프라/플랫폼/서비스 구조>

- 국내외 다수의 사이트에 분포한 오픈소스 소프트웨어 OpenFlow/OpenStack 기반 SDN-Cloud 대응 OF@KOREN / OF@TEIN Playground(실증개발환경)의 구축 및 운용 경험을 바탕으로 2017년부터는 KOREN 을 기반으로 SDN/NFV/Cloud 에 대응형 오픈 SmartX 플랫폼의 OF@KOREN Playground 적용 및 검증 방안을 제시하고 부분적으로 수행할 시점이다. [그림 3. 참조]



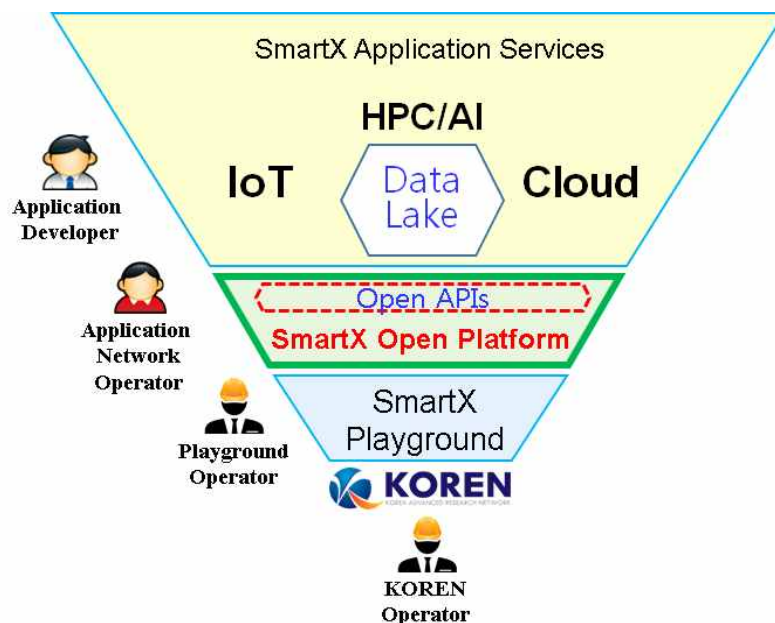
<그림 3. OF@KOREN & OF@TEIN Playground (2016.05)>

- 선도적인 SDN/NFV/Cloud 인프라/서비스를 KOREN/TEIN 상에 시험적으로 구축하고 활용해서 향후 공공기관 및 기업의 네트워크를 SDN/NFV/Cloud 인프라/서

비스 기반으로 전환하기 위한 현실적인 확산 방안을 도출한다. 이는 유연하고 경제적인 미래형 IoT-SDN-Cloud 인프라/서비스로 활용될 수 있다.

3. 소프트웨어 중심 KOREN SmartX Platform 설계

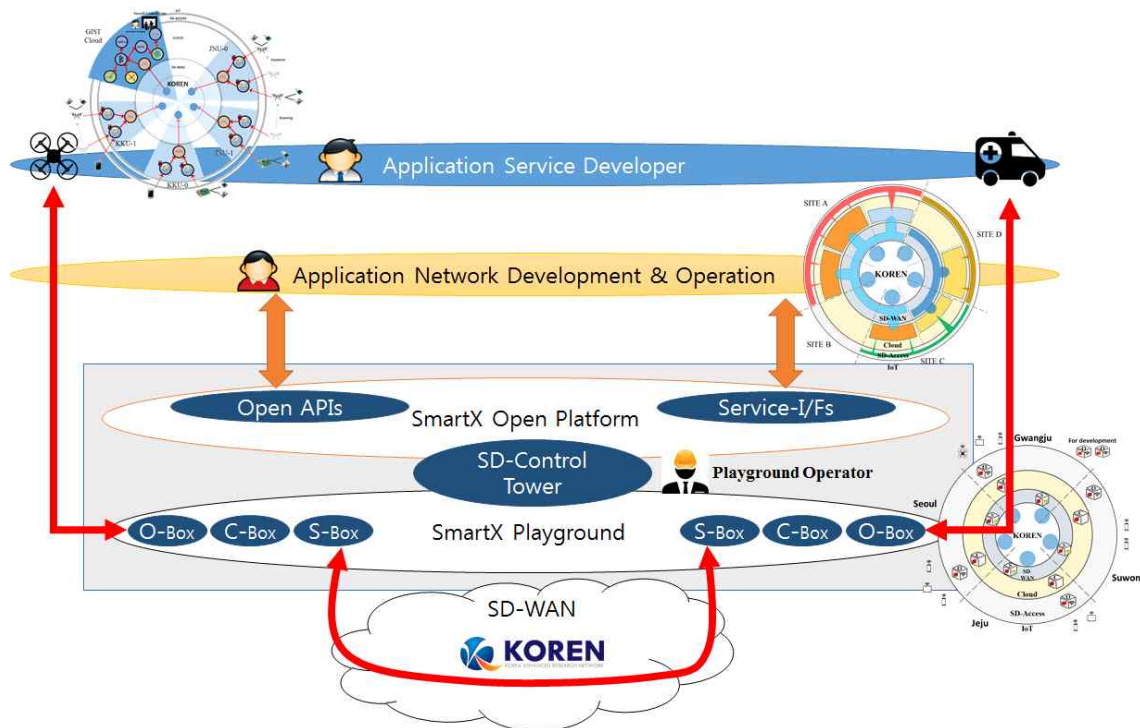
- o 소프트웨어 정의(Software-Defined) 인프라 구축의 필요성
 - 컴퓨팅에서 촉발된 가상화 기술이 네트워킹 및 스토리징 분야로 확대되면서 소프트웨어 정의 인프라가 클라우드 데이터 센터와 통신망 인프라를 혁신적으로 통합시키면서 미래 인터넷의 핵심적인 기술 요소로 작용하고 있다.
 - 소프트웨어 정의 인프라 사용자들을 위한 개방적이고 유연한 인프라 사용자 플랫폼 구축이 필요하다.
- o 다양한 서비스에 유연하게 대응하는 오픈 플랫폼 (Open Platform)
 - KOREN 연구협력포럼에서는 ‘SmartX’ 개념을 통해서 ‘Smart (지능형)’ + ‘X (유연하게 변화하여 적응함)’ 을 연계하는 개방적이며 소프트웨어 중심적인 플랫폼 구축과 운영을 제안한다.
 - 제안하는 플랫폼은 연구자(KOREN 사용자)들이 개방적이고 유연하게 응용 서비스(테스트) 환경을 구축하고 사용할 수 있도록 KOREN SDI(Software-Defined Infrastructure) 상위에 오버레이 구조로 KOREN SmartX Playground와 KOREN SmartX Open Platform을 차례대로 구축한다.
 - 어플리케이션 네트워크 운영자는 KOREN SmartX Open Platform의 API 및 UI를 사용하여 IoT 서비스 네트워크 등과 같은 응용 환경을 구축한다. 또한 오픈 플랫폼을 통한 어플리케이션과 어플리케이션 네트워크 운영 상황을 모니터링 할 수도 있다.
 - 이렇게 구축된 서비스 환경을 통해 사용자 응용 서비스가 개발되고 제공한다.



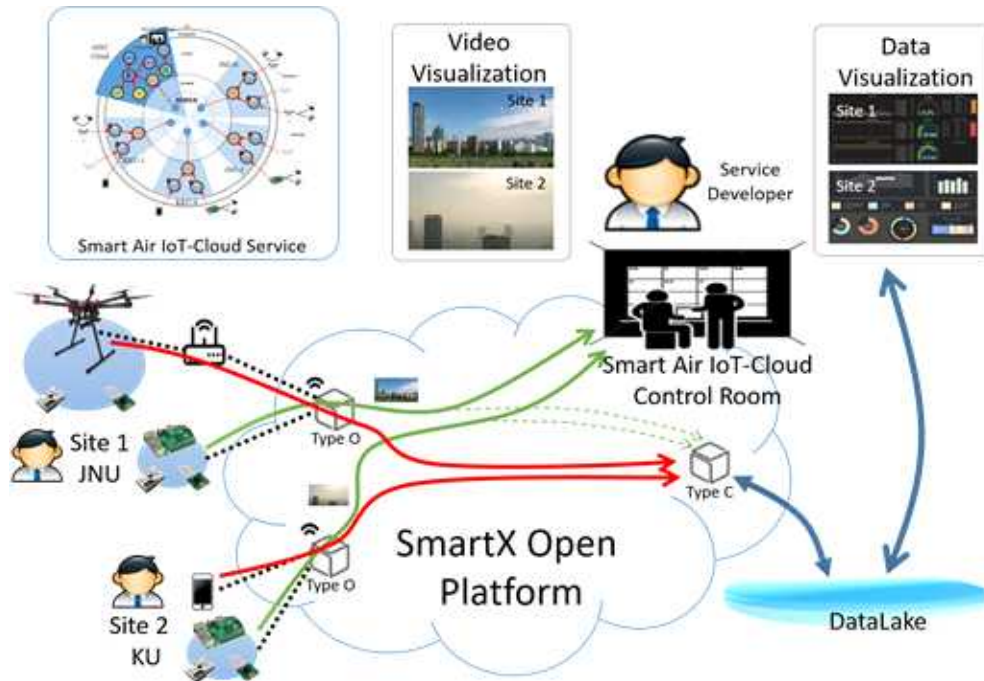
<그림 4. KOREN SmartX Platform 개념도>

o SD-WAN 기반 오버레이 오픈 플랫폼 구조

- 그림 5는 제안하는 소프트웨어 중심 오픈 플랫폼 구조이다. 서비스 개발자는 오픈 플랫폼(APIs, UI)을 통해 구축한 가상 오버레이 네트워크로 전용의 서비스 네트워크를 구축하고 목적으로 하는 서비스를 사용자에게 제공한다.
- SmartX Playground는 S-Box, C-Box, O-Box로 구성되는 SD-Network와 Cloud Computing Resources Pool 이다. S/C/O-Box는 KOREN 가입기관이나 지역 PoP(Point of Presence)에 설치되고 KOREN SDI를 가로질러 SD-WAN 기술을 사용하여 S-Box가 상호 연결된다. C/O-Box는 인근 S-Box와 연결되고 C-Box와 O-Box가 상호 연결될 수도 있다.
- S/C/O-Box의 SD-Network와 Cloud Computing Resources는 SD-Control Tower에 의해서 Slicing, Orchestration, Control 된다.
- SmartX Open Platform은 응용 서비스 네트워크 구축을 위한 Orchestration API와 서비스 네트워크 모니터링 및 관리를 위한 Visualization API를 공개한다. 또한 응용 네트워크 개발자/운영자를 위한 웹-UI 기반의 인터페이스도 제공한다.



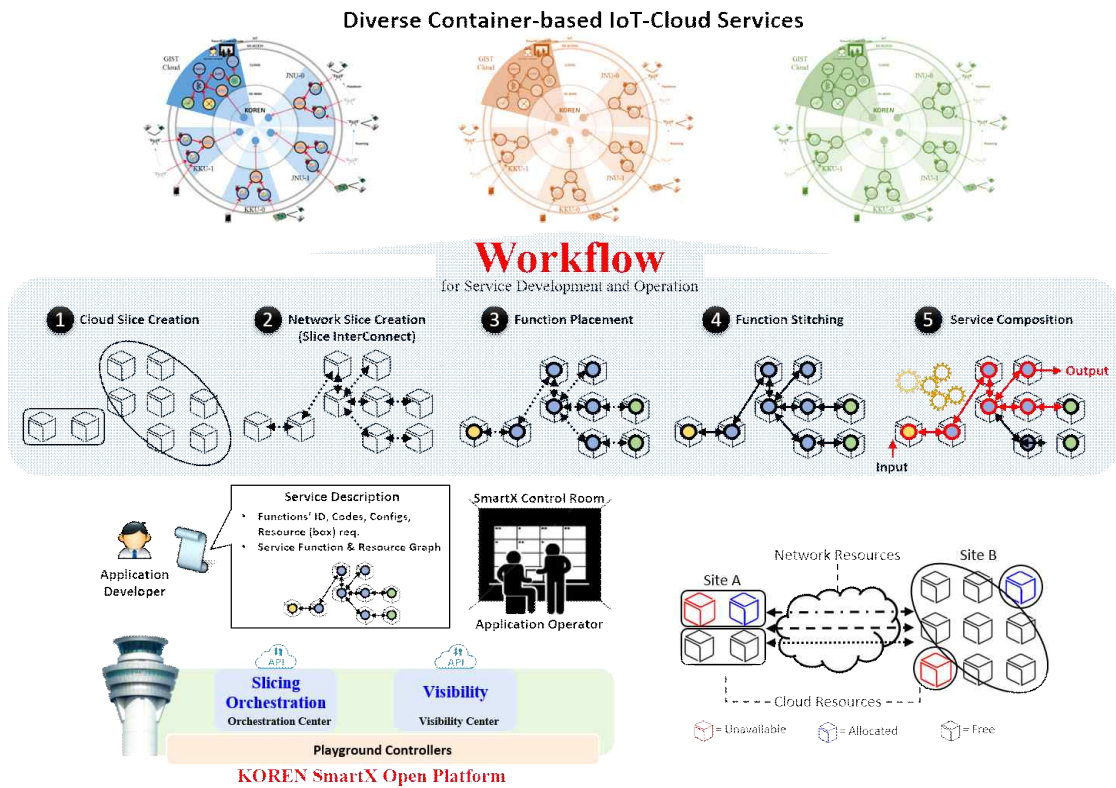
<그림 5. SD-WAN 기반 오버레이 플랫폼 구조>



<그림 6. KOREN SmartX Platform을 통한 오버레이 기반 서비스 네트워크 구축 사례>

o KOREN 오픈 플랫폼을 통한 서비스 네트워크 구축

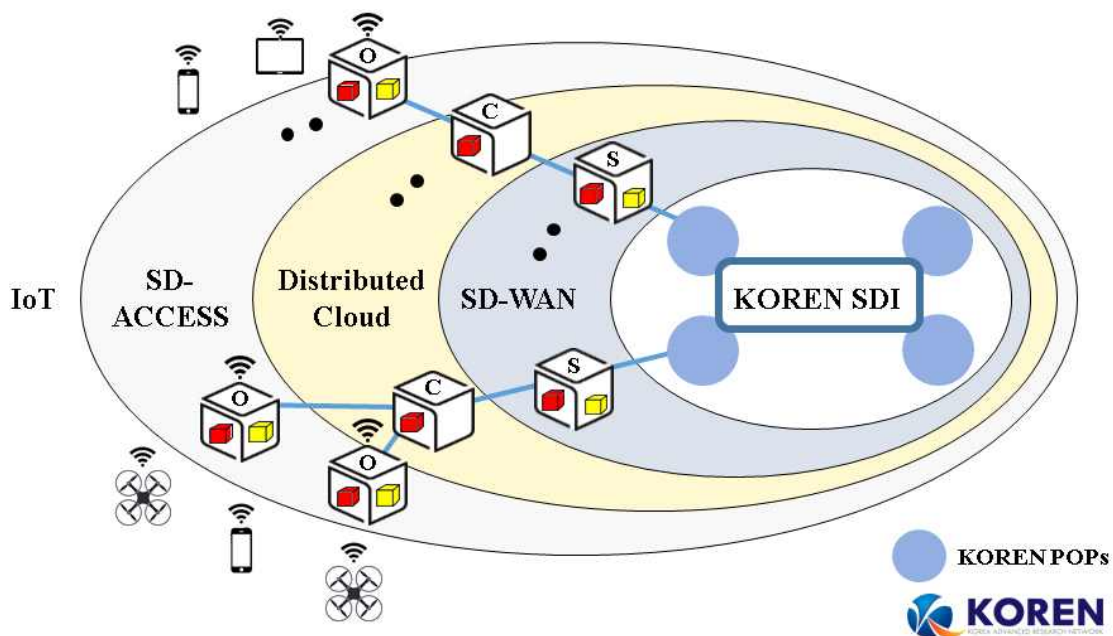
- 네트워크 서비스 라이프사이클이 크게 서비스 디자인, 서비스 구현/개발, 서비스 준비/실행 과정, 서비스 종료 과정으로 구분할 때, KOREN 오픈 플랫폼은 서비스 준비/실행 과정에 해당하는 자원 할당, 자원 연결, 기능 배포, 기능 연결, 서비스 조합 작업을 KOREN 서비스 오픈 플랫폼을 활용하여 지원한다. 즉 SmartX 오픈 플랫폼을 활용하는 워크플로우를 제공하여 서비스에 필요한 자원을 준비하고 서비스 배포 및 실행을 진행한다. [그림 6 참조]
- KOREN 오픈 플랫폼의 워크플로우에 따라 개발자는 작성된 명세를 바탕으로 자원 슬라이싱과 자원 오케스트레이션을 위한 Open API를 호출함으로써 자신의 서비스 준비 및 실행에 필요한 자원을 손쉽게 확보하고 이들에 대한 네트워크 연결을 요청한다.
- 확보한 자원 위에서 개발자의 요구에 따라 서비스를 구성하는 요소 기능들을 적절한 위치에 설치하고, 요소 기능들 간의 연결성을 확보한다. 서비스 실행을 위해서는 요소 기능들 간의 데이터 교환이 필요하므로, 각 기능을 생성하고 배포한 후 이들을 엮는 과정이 필요하다.
- 개발자는 Visibility OpenAPI를 활용함으로써 자원 집합과 연결성에 대한 상황을 파악할 수 있다.



<그림 7. KOREN SmartX Platform 서비스 개발자 워크플로우 개념도>

4. KOREN SmartX Playground 구축

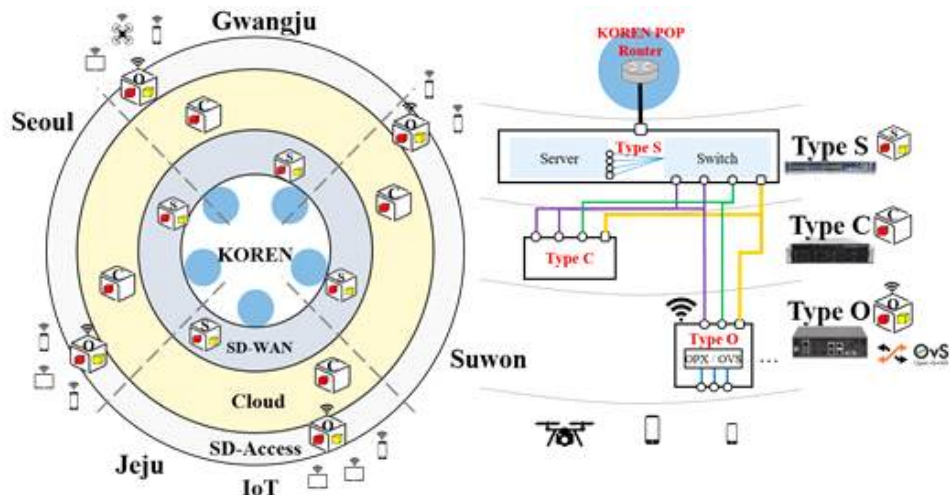
- o Playground란 사용자들이 하고 싶은 실험 및 환경을 자유롭게 할 수 있게 제공되는 공간을 상징하고 사용자들이 Playground 위에서 하는 다양한 실증 실험들은 Play로 표현할 수 있다.
- o KOREN SmartX Playground는 사용자들이 원하는 실증 실험을 할 수 있도록 다양한 역할을 지원하는 박스들을 유연하게 엮어 컴퓨팅, 네트워킹, 스토리지로 대표되는 IT 자원들을 알맞게 제공할 수 있는 물리적인 인프라를 의미한다. 현재 KOREN SmartX Playground를 구성하는 인프라는 크게 Type O, Type C, Type S 박스들과 이를 관제하고 있는 센터 및 컨트롤러로 구성된다. 그리고 이러한 사이트들 사이의 내부형태를 보면, 각 벨트 별로 영역(SD-WAN, Distributed Cloud, SD-Access)이 존재하며 자세한 설명은 아래와 같다.



<그림 8. KOREN SmartX Playground 벨트 구조>

- o SD-WAN (Software-defined Wide Area Network: 소프트웨어-정의 광역 통신망)은 단일 사용자 집단에 소속된 분산된 사이트들을 연결하는 WAN을 소프트웨어-정의 기반으로 관제하는 방식이며, 고가의 단일 MPLS (Multi Protocol Label Switching) WAN에 의존하지 않고 저렴한 다수 WAN들을 통합하여 분산된 사이트들을 연결하는 사설 오버레이 네트워킹을 지원하는 영역을 말한다.

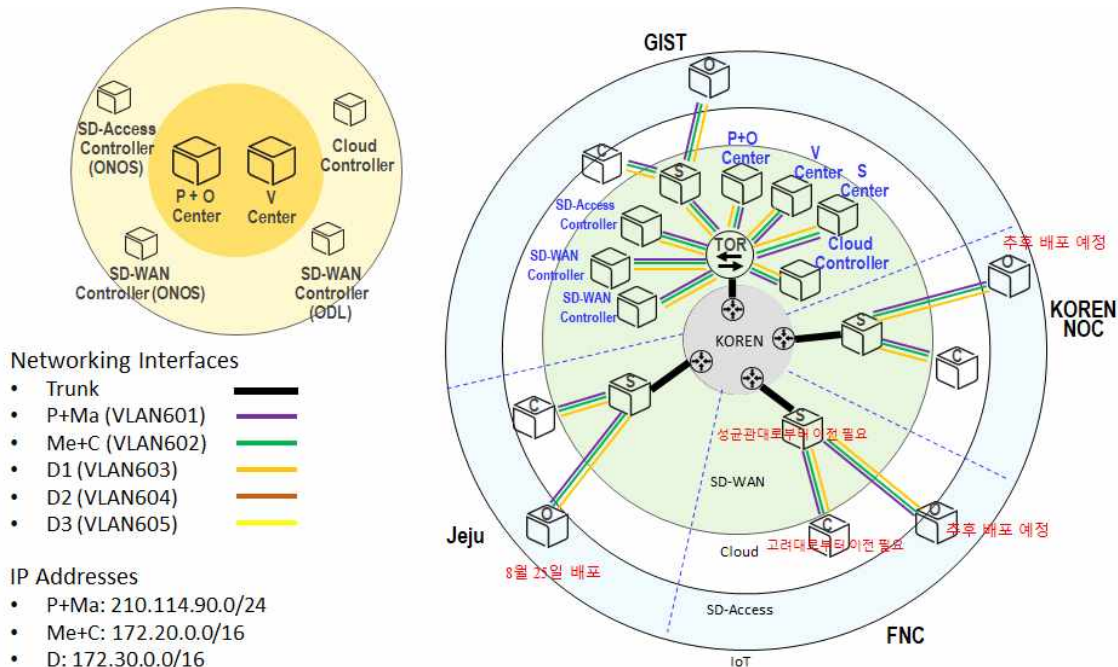
- o Distributed Cloud (분산 클라우드) 는 단일 사용자 집단에 소속된 분산된 사이트들을 연결하는 통합적으로 제공하는 클라우드 영역을 말한다.
- o SD-Access (Software-defined Access: 소프트웨어-정의 액세스) 는 분산된 IoT 디바이스들을 연결하면서, 다양한 통신 인터페이스를 사용하는 유/무선 IoT 네트워크들을 소프트웨어-정의 기반으로 관제하는 방식을 말한다. IoT 디바이스들과 근접한 위치에서 IoT-Cloud 형태로 분산 클라우드와의 안정된 연결을 지원하면서, SD-Access 대응 서버-스위치들의 계산/저장 자원들을 활용하여 IoT 데이터에 대한 전처리를 담당하는 영역을 말한다.
- o 이러한 영역들은 각자의 역할을 수행하기 위해 필요한 기능들을 제공하고 있는 박스 (서버나 스위치가 어떠한 기능을 담고 있는 하드웨어적인 표현)가 필요하게 된다. 예를 들면, SD-WAN 영역에서는 분산된 사이트들을 연결하는 오버레이 네트워킹 및 스위칭 기능을 제공하는 박스가 필요하며, 분산 클라우드 영역에서는 클라우드 기능을 제공할 수 있는 박스가 필요하며, SD-Access 영역에서는 IoT 디바이스들이 연결될 수 있는 다양한 통신 인터페이스를 담고 있는 박스가 필요하다. 이렇게 각 영역에서 필요한 기능들을 담아서 제공하는 박스를 Type-S (SD-WAN 영역을 커버), Type-C (Cloud 영역을 커버), Type-O (SD-Access 영역을 커버)라고 명칭하며 이러한 영역에 대응하는 박스들을 구성하고 있다.



<그림 9. Type S/C/O Boxs를 이용한 KOREN SmartX Playground 구축>

- o 설치된 S/C/O 박스들을 한 단계 위에 레벨에서 관장할 수 있는 요소가 필요하다. 이러한 역할을 하기 위해 Orchestration 센터와 Visibility 센터 그리고 Cloud 및 SDN 제어기들이 이러한 요소를 담당하고 있다. Orchestration Center에서는 분산된 사이트들에 박스들을 원격으로 세팅 및 준비하며 개발자들이 사용할 수 있는

여러 기능들을 제공하는 역할을 하며, Visibility 센터는 이러한 인프라들의 상태를 가시적으로 파악할 수 있도록 가시화 정보를 수집하고 이러한 데이터들을 가시화할 수 있는 데이터로 변환해 운영자에게 제공해주는 역할을 한다. 그리고 Cloud 및 SDN 제어기들은 실제로 이러한 센터들이 시키는 주요한 일들을 직접 처리하는 역할을 하며, Cloud 및 SDN에 관련된 전반적인 일을 센터들의 지시를 받아 수행하는 역할을 한다.



<그림 10. KOREN SmartX Playground 및 Control Tower 구축 사례>

o IoT-Cloud 대응을 위한 SmartX Playground 확대

- KOREN 상에 배치되어 운용되고 있는 기존의 SmartX Playground 인프라 자원을 활용하는 KOREN 클라우드 인프라를 고도화하기 위해 SmartX Playground 인프라를 IoT-Cloud에 대응 가능한 형태로 발전시킨다. 이를 위해 기존 배치된 SD-WAN Box 및 Cloud Box와 새로이 추가된 SD-Access Box의 기능을 수행할 미니 서버-스위치 장비를 이용해 SmartX Playground 인프라를 IoT-Cloud 대응형 인프라로 고도화한다.
- 더불어 KOREN SmartX 오픈 플랫폼의 구축을 통해 하부 오픈 플랫폼 상에서 SmartX Playground 인프라의 Visibility(가시성) Data 및 IoT-SDAccess-Cloud-SDWAN- Tower의 각 계층을 연계하는 종단 간 인프라 자원상태의 Visibility Data 및 가시화 UI(User Interface)를 제공한다.
- 이를 위해 IoT-Cloud 대응 SmartX Playground 인프라에 존재하는 SDN 제어기 및 클라우드 제어기를 중앙에서 효율적으로 연동할 수 있도록 ID Federation 기

능을 개발하고, 이를 활용해 Visibility OpenAPIs 및 가시화 UI를 개발 및 제공한다.

- 결과적으로 향후 KOREN SDI와의 연동을 통해 KOREN SmartX 오픈 플랫폼 기반의 SDN/Cloud 통합 SmartX Playground 인프라가 다양한 서비스를 지원할 수 있다.

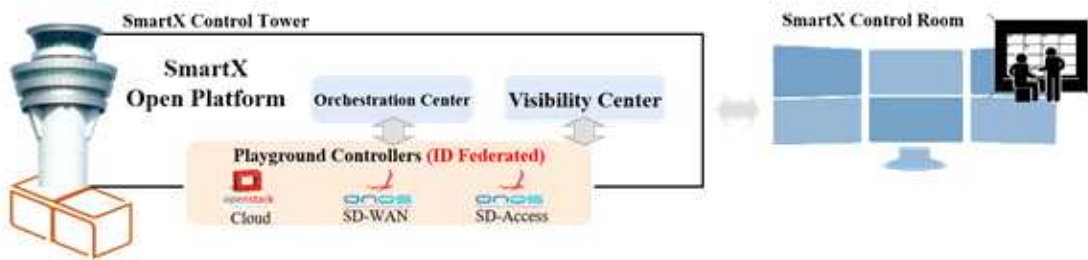
o IoT-Cloud 대응 SmartX Playground 구축

- SmartX Playground 인프라에서 핵심 역할을 하는 SmartX Box (Server 및 Switch)는 미래형 서비스 실증에 필요한 각종 융합형 컴퓨팅/네트워킹 자원들을 가상화된 수준에서 지능적으로 제공하는 독자적인 자원 집합이다.
- 다양한 센서를 기반으로 IoT 어플리케이션이 생산해내는 데이터를 클라우드로 효과적으로 전달하기 위해서는 IoT-Cloud 대응형 요소가 필요하다. 이에 Software-Defined Access(이하 SD-Access) 기능을 수행하는 Type O SD-Access Box를 설계한다. Type O SD-Access Box는 와이파이 및 유선 연결을 통해 드론, 스마트폰과 같은 IoT 기기들에게 네트워킹을 제공하며, 관제타워의 SD-Access SDN 제어기의 제어 하에 IoT 어플리케이션이 생성하는 데이터를 클라우드로 전달하는 역할을 한다. 이러한 Type O SD-Access Box를 활용하면 안전하고 유기적인 IoT-Cloud 데이터 전송을 보장할 수 있으며, SD-Access 운영자는 관제 타워에서 SD-Access SDN 제어기를 활용해 손쉽게 IoT 네트워킹 환경의 관제가 가능해진다. KOREN SmartX 오픈 플랫폼 상의 관제 타워를 통한 IoT-Cloud 대응형 SmartX Playground 인프라의 전체적인 관제를 위해서 SD-Access, SD-WAN, Cloud 환경을 관장하는 SDN/Cloud 제어기들을 통합하는 ID Federation 기능이 구현된다.

o SDN/Cloud 기반 관제 타워(Control Tower) 설계 및 구축

- 앞서 각기 다른 멀티 사이트에 분포되어 있는 SmartX Box를 통해 구성된 IoT-Cloud 대응형 SmartX Playground 인프라의 중앙 관제가 가능토록 지원하기 위해, KOREN SmartX 하부 오픈 플랫폼에 SDN/Cloud 기반의 관제 타워를 구축할 계획이다. 관제 타워를 통한 SmartX Playground 인프라의 관제를 위해서는 관제 타워 내부에 SDN/Cloud 제어기의 제어 권한이 부여되어야 한다. 이를 위해 SmartX Playground 인프라에 존재하는 다수의 SDN/Cloud 제어기를 하나의 ID로 관리함으로써 다수의 클라우드 Box를 중앙에서 제어할 수 있도록 지원하는 ID Federation 기능의 개발을 진행한다. ID Federation 기능의 개발을 위해서는 OpenLDAP(Lightweight Directory Access Protocol)와 같은 오픈소스를 활용해 OpenStack 기반의 분산 클라우드의 인증 서비스를 담당하는 Keystone과, ONOS 제어기를 연동하여 관제 타워에서 다수의 SDN/Cloud 환경의 관제를 가능토록 설계한다. 최종적으로 개발된 ID Federation 기능을 적용해 관제 타워 내부에서

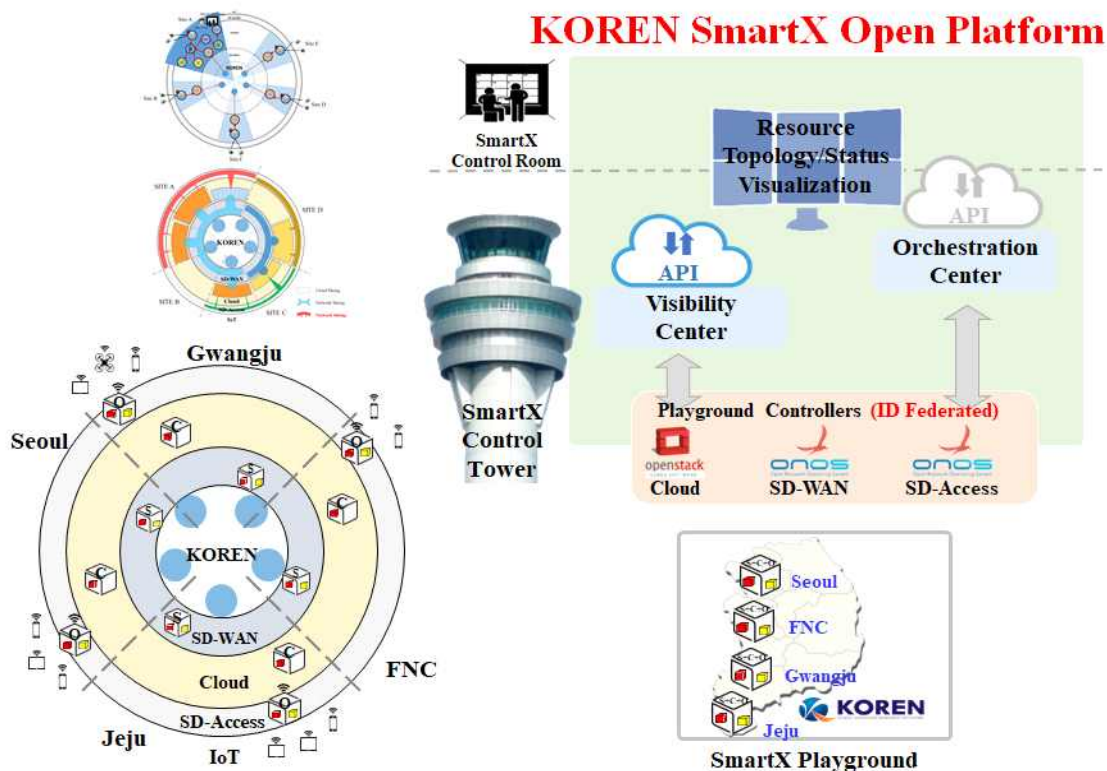
SDN/Cloud 제어기 연동 기반의 SmartX 하부 오픈 플랫폼을 통한 SmartX Playground 인프라의 관제가 가능하다.



<그림 11. KOREN SmartX Control Tower와 Open Platform 연동 구조>

5. KOREN SmartX Open Platform 구현

- o KOREN SmartX Playground에서 다양한 개발자들이 자신의 실험들을 실증하기 위한 인프라 자체는 마련이 됐으나, 개발자들이 손쉽게 KOREN SmartX Playground를 사용할 수 있도록 Platform 차원에서 인터페이싱 역할을 하는 것이 필요하다.
- o 이를 위해 개발자가 API 및 UI 형태로 사용가능 할 수 있도록 지원하는 센터들을 구축하고, 초기 단계에서는 개발자에게 Orchestration 기능과 Visibility 기능을 제공하는 센터들을 시작으로 향후에 점차 확장되는 형태로 개선하도록 한다.
 - Orchestration Center에서는 개발자들이 자신만의 독립적인 인프라를 가지기 위해서 클라우드 및 네트워크를 할당해주는 기능을 제공하도록 한다.
 - Visibility Center에서 제공하는 API는 현재 개발자가 가지고 있는 인프라에 대한 전체적인 상황을 파악할 수 있는 데이터들을 가져오고 시각화해주는 기능을 제공한다.

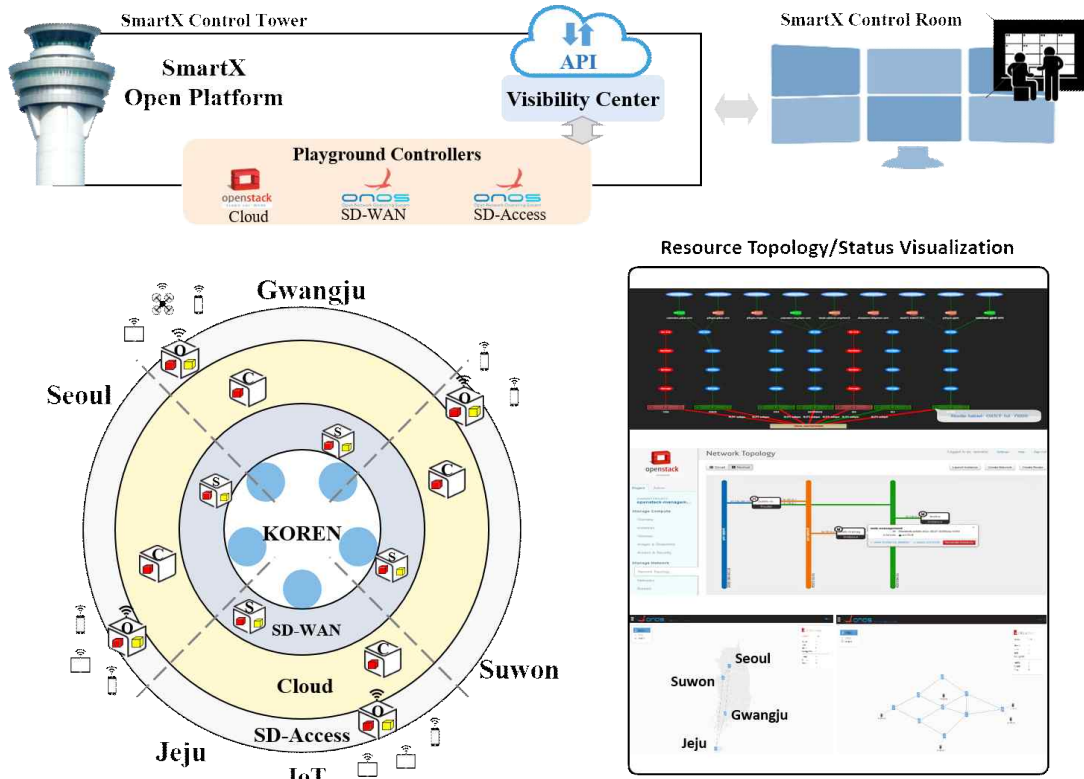


<그림 12 KOREN SmartX Open Platform 개념도>

5.1. Visibility Center와 OpenAPI

- o SmartX Playground의 Visibility OpenAPIs 및 가시화 UI : 다양한 어플리케이션 개발자들이 KOREN SmartX 오픈 플랫폼을 활용해 SmartX Playground 인프라 상의 자원들을 이용하여 효율적으로 서비스를 개발하기 위해서는 자원집합의 토폴로지 및 상태 정보를 제공할 필요가 있다.
 - KOREN SmartX 하부 오픈 플랫폼에 위치하는 Visibility Center를 통해 어플리케이션 개발자가 자원간의 토폴로지 및 자원 상태를 서비스 개발 단계에서 활용할 수 있도록 Visibility OpenAPIs를 제공한다. 또한 수집된 Visibility Data는 가시화 UI 형태로 가공하여 사용자에게 제공한다.
 - 또한, KOREN SmartX 오픈 플랫폼 사용자가 서비스 운용 단계에서도 시각화 정보를 활용할 수 있도록 SmartX Playground 인프라에 연결된 종단 IoT 장비의 토폴로지와 상태를 확인할 수 있도록 가시화 UI 및 API를 제공한다. 개발되는 가시화 UI는 SmartX Playground 인프라를 구성하는 IoT, SD-Access, Cloud, SD-WAN, SDN/Cloud 기반 관제타워 장비로 연결되는 SmartX Playground 인프라 상의 모든 계층의 토폴로지 및 자원의 상태를 가시화함으로써 현재 인프라의 전체 상태 정보를 제공할 수 있게 된다.
- o KOREN SmartX 오픈 플랫폼 하부에 위치하는 Visibility Center는 어플리케이션 개발자가 자원 집합의 토폴로지/상태 정보를 서비스 개발 단계에서 활용할 수 있도록 SmartX Playground 인프라에 대한 Visibility OpenAPIs를 제공하는 API Server 역할을 수행한다. Visibility Center는 SDN/Cloud 제어기와의 통신을 통해 Visibility Data를 수집한다.
 - 수집된 Data는 Visibility Center에서 OpenAPIs 형태로 어플리케이션 개발자들에게 제공된다. 어플리케이션 개발자의 API 요청은 구축된 API 서버의 역할을 수행하는 Visibility Center로 전달되고, Visibility Center는 해당 API에 대한 Visibility Data를 데이터베이스를 통해 어플리케이션 개발자에게 알맞은 JSON 형태의 Data로 반환한다. 제공되는 Visibility OpenAPIs는 기본적으로 SmartX Playground 인프라를 구성하는 물리적 Box뿐만 아니라 가상화 형태로 제공되는 클라우드 VM의 자원 상태 Data를 포함하며, SmartX Playground 인프라를 구성하는 네트워크 자원 토폴로지/상태에 대한 Data 역시 포함한다.
- o 사용자에게 SmartX Playground Visibility Data를 가시화된 UI의 형태로 제공하기 위해서 IoT, SD-Access, Cloud, SD-WAN, 관제 타워에 이르는 IoT가 연결된 모든 계층의 자원집합의 토폴로지/상태를 가시화할 수 있도록 설계한다. 이때 KOREN SmartX 하부 오픈 플랫폼에 위치하는 Visibility Center가 ONOS SDN 제어기 및 OpenStack의 Horizon, Neutron 등의 서비스와 연동하여 수집한 Type S, Type C,

Type O, 그리고 IoT 디바이스를 포함하는 SmartX Playground 인프라에 대한 토폴로지/상태 정보를 앞서 제시한 그림 우측 하단의 ‘Resource Topology/Status Visibility’ 와 같은 모습으로 가시화하여 제공할 수 있도록 설계하고 시험적으로 구현한다.



〈그림 13. SmartX Playground Visibility OpenAPIs 및 가시화 UI 지원〉

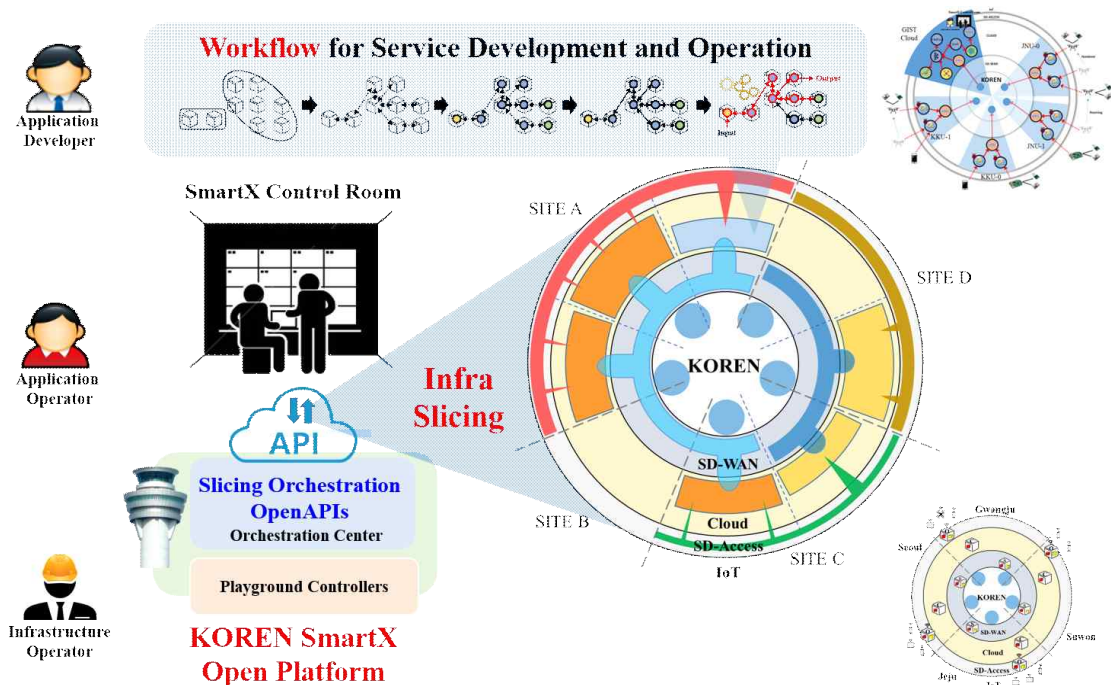
5.2. Orchestration Center 와 OpenAPI

- o KOREN SmartX Playground 인프라를 통해 여러 어플리케이션 개발자들에게 인프라를 제공하기 위해서는 서로 다른 개발자들이 자신들의 서비스를 실증하기 위해 할당받은 인프라 영역을 침범하지 않도록 적절하게 고립된 (Isolated) 된 형태의 인프라 모음을 제공할 필요성이 있다.
- o KOREN SmartX Playground 인프라를 통해 사물인터넷, 기가인터넷, 모바일 등을 포함하는 다양한 분야의 서비스를 실증하고 KOREN SmartX 상부 오픈 플랫폼에서 개발자 맞춤형 Orchestration을 지원하기 위해서 인프라 슬라이싱 기능을 구현하고 개발자들에게 개방된 형태의 OpenAPI로 제공한다. 각 개발자들이 슬라이싱된 클라우드 자원과, SDN 및 자체적으로 개발한 OvN을 통해 네트워크 슬라이스

- 를 포함하는 인프라 슬라이스를 제공 받도록 한다.
- SmartX 하부 오픈 플랫폼에 위치한 Playground 제어를 활용하여 클라우드/네트워크에 대한 인프라 슬라이싱을 설계 및 구현한다.
 - 인프라 슬라이싱의 대상은 분산 형태의 OpenStack 기반의 클라우드와 서로 다른 사이트를 연결해주는 SD-WAN 네트워크, 그리고 분산 형태 클라우드와 IoT를 연결해주는 SD-Access 네트워크 영역으로 한정한다.
 - 이러한 기능들을 어플리케이션 개발자가 사용할 수 있도록 인프라 슬라이싱 중심의 Orchestration OpenAPIs를 개발하여 지원한다.
- o 인프라 슬라이싱을 SmartX 오픈 플랫폼을 통해 사용자가 손쉽게 활용할 수 있는 형태로 제공하기 위해 RESTful 방식의 Orchestration OpenAPIs를 점진적으로 개발한다. CRUD 연산(Create, Read, Update, Delete)을 시작으로 인프라 슬라이싱에 대한 기능들을 점차적으로 확장하는 형태로 단계적으로 OpenAPI를 설계하고 개발하도록 한다.
- o 서비스 실행을 위해서는 요소 기능들 간의 데이터 교환이 필요하므로, 각 기능을 생성하고 배포한 후 이들을 엮는 과정이 필요하다. 이를 위해 서비스를 구성하는 여러 요소 기능 컨테이너들이 어떻게 상호 작용하는 지에 대한 명세에 따라, 컨테이너 오케스트레이션 도구들인 Kubernetes, Docker Swarm 등을 활용하여 해당 과정에 대한 자동화를 지원한다.
- o 컨테이너 기반 응용 서비스에 대한 개발자 워크플로우 설계 : 서비스의 라이프사이클이 크게 서비스 디자인, 서비스 구현/개발, 서비스 준비/실행 과정, 서비스 종료 과정으로 구분할 때, SmartX 오픈 플랫폼의 서비스 개발자를 위한 워크플로우는 서비스 준비/실행 과정에 해당하는 자원 할당, 자원 연결, 기능 배포, 기능 연결, 서비스 조합 작업을 OpenAPI를 활용하여 지원한다.
- 개발자는 작성된 명세를 바탕으로 Slicing Orchestration OpenAPIs를 호출함으로써 서비스 준비 및 실행에 필요한 자원을 손쉽게 확보할 수 있어야 한다. 이를 통해 확보한 인프라 슬라이스 상에서 필요한 서비스들을 배포하고 실행하기 위한 준비 절차를 간소화 할 수 있으며, 서비스 실행에 필요한 일련의 네트워크 연결 또한 요청하여 적용할 수 있다. 확보한 자원 위에서 개발자의 요구에 따라 서비스를 구성하는 요소 기능들을 적절한 위치에 배포하고, 해당 요소 기능들 간의 연결성을 확보하고자 한다. 이 과정에서 Visibility OpenAPIs를 활용함으로써 자원 집합과 연결성에 대한 상황을 파악할 수 있다.
 - 워크플로우는 일반적으로 태스크 기반의 템플릿으로 작성되며 복수개의 연결된 태스크들을 수행할 수 있어야 한다. 이는 곧 여러 태스크들을 병행해서 수행하는 기능과 특정 분기점에서 다음 단계의 태스크를 진행하기 위한 동기화 기능

을 지원하며, 특정 도메인에 적용 가능한 동작 외에도 범용적인 동작을 포함해야 함을 뜻 한다.

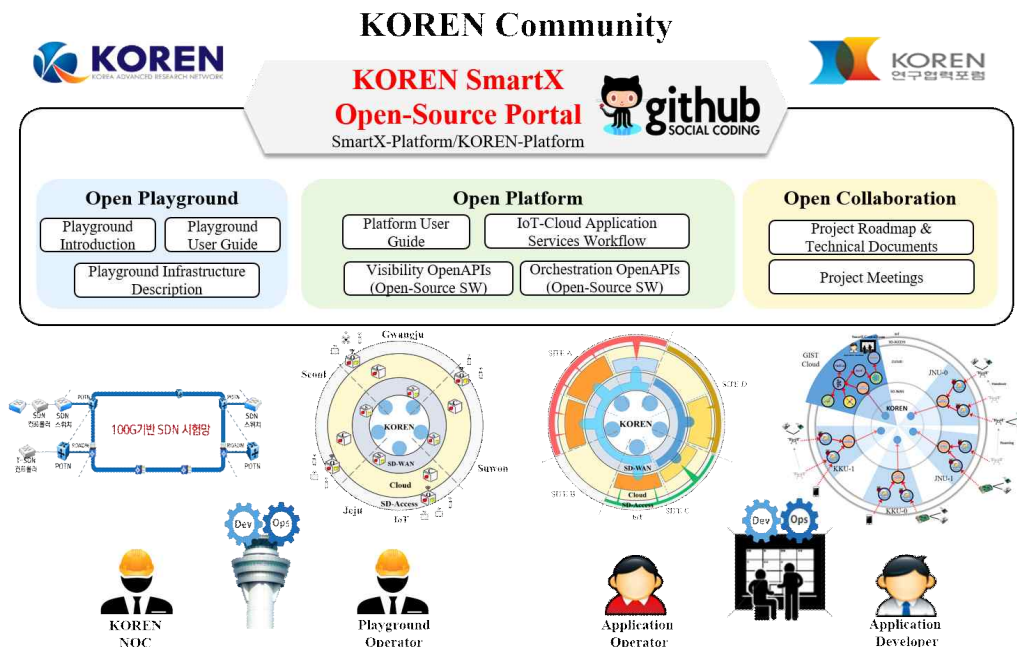
- 서비스 실행을 위해서는 요소 기능들 간의 데이터 교환이 필요하므로, 각 기능을 생성하고 배포한 후 이들을 엮는 과정이 필요하다. 이를 위해 서비스를 구성하는 여러 요소 기능 컨테이너들이 어떻게 상호 작용하는 지에 대한 명세에 따라, 컨테이너 오케스트레이션 도구들인 Kubernetes, Docker Swarm 등을 활용하여 해당 과정에 대한 자동화를 지원한다.



<그림 14. 개발자 맞춤형 인프라(클라우드/네트워크) Orchestration OpenAPIs 개념도>

6. KOREN SmartX Platform 단계별 구축 전략

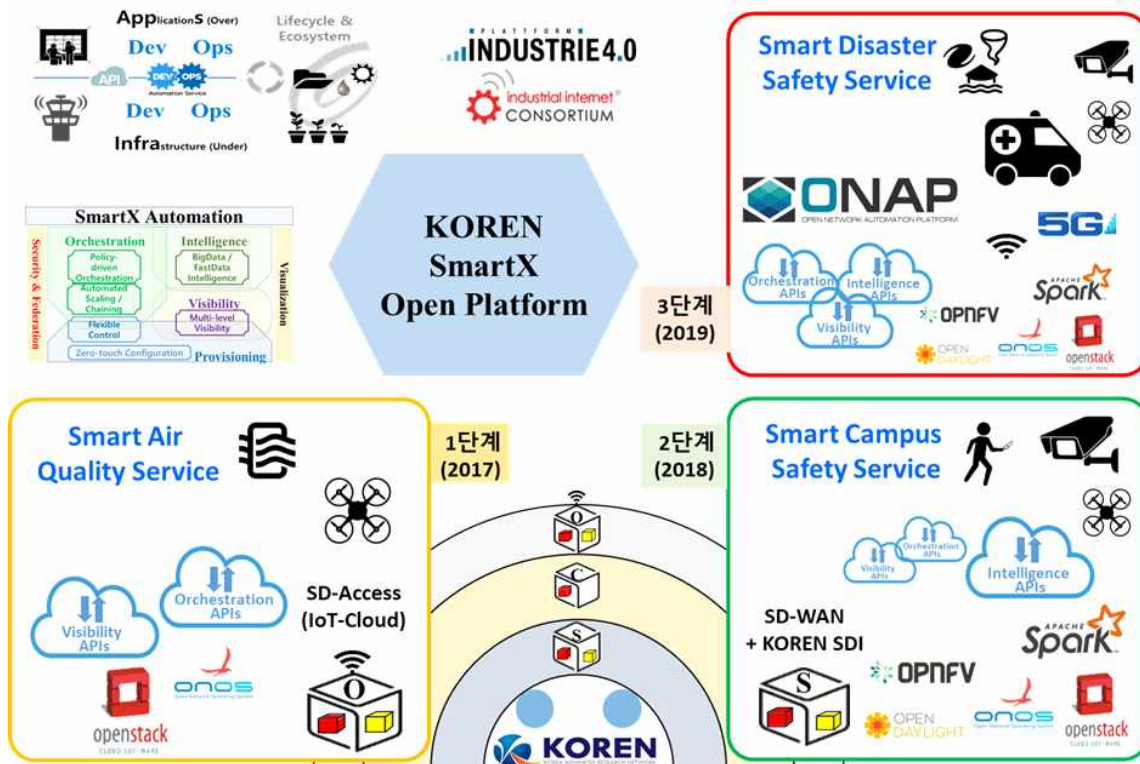
- o KOREN SmartX 오픈 플랫폼이 적용되는 하드웨어/소프트웨어 범위, 플랫폼이 지원하는 OpenAPI 기능, 플랫폼을 활용한 산업인터넷 실증 방안에 대한 단계별 계획을 KOREN 커뮤니티 차원의 논의와 협의를 통해 3단계에 걸쳐 설계하고 향후 연구개발의 방향성을 정립한다.
- KOREN SmartX 오픈 플랫폼의 장기적인 통합 및 확장 계획에 따른 체계적이고 효율적인 협업을 장기적으로 지원하기 위한 방안으로 KOREN SmartX 오픈소스 포탈 Github를 구축한다.
- 과제 차원에서 산출되는 계획서, 기술문서, 소프트웨어 등의 성과물을 오픈 포탈 상에 체계적인 구도에 따라 정리 및 완전 공개하고, 나아가 본 과제를 통해 개발되는 OpenAPI를 공개함으로써 KOREN SmartX 오픈 플랫폼을 홍보할 수 있는 창구로 활용할 계획이다.



<그림 15. KOREN SmartX 오픈 플랫폼 협업을 위한 KOREN SmartX 오픈소스 포탈 구축>

- o KOREN SmartX 오픈 플랫폼의 단계별 통합 및 확장 계획 수립
- KOREN SmartX 오픈 플랫폼의 단계별 통합 및 확장 계획을 수립함에 있어 아래와 같은 3단계 로드맵에 따라 KOREN SmartX 오픈 플랫폼의 고도화를 위한 구체적인 방안을 설계한다.

- 1단계에는 IoT와 Cloud 사이에 위치하여 유연한 연결성을 제공하는 SD-Access의 적용을 위한 새로운 Type O 박스를 설계 및 배포하고, Cloud/SDN 환경의 구축을 위해 오픈소스 소프트웨어인 OpenStack, ONOS를 활용하여 KOREN SmartX Playground를 구축한다. 그리고 당해에 개발한 Visibility/Orchestration APIs와 드론을 연계한 Smart Air Quality Service를 오픈 플랫폼 상에서 실증한다.
 - 2단계에서는 KOREN SDI 고도화 전략과 연계된 SD-WAN 기능을 오픈 플랫폼 상에 도입하고, 새로운 SDN 제어기인 OpenDaylight를 중심으로 한 OPNFV 적용을 추진한다. 그리고 Apache Spark를 활용한 Intelligence 서비스를 플랫폼의 OpenAPI 형태로 구현하고, 서비스 측면에서는 Smart Campus Safety Service를 플랫폼을 활용하여 실증하는 것을 목표로 한다.
 - 3단계에서는 KOREN SmartX 오픈 플랫폼에서 단계별로 확장 지원하는 OpenAPI 들을 ONAP (Open Network Automation Platform) 하에서 통합적으로 제공하는 연구개발을 수행하고, 동시에 Wifi와 함께 5G 네트워크를 SD-Access 단에서 제공하는 연구개발을 통해 플랫폼의 고도화를 수행한다. 고도화된 플랫폼과 구급차를 연계하여 수집된 데이터로부터 재난 상황을 감지하고 이를 구급차에 전달하는 Smart Disaster Safety Service를 KOREN SmartX 오픈 플랫폼 상에서 실증하는 것을 목표로 한다.
- o 단계별 확충되는 SmartX Open Platform 서비스 실증 계획
- Smart Air Quality Service (스마트 공기질 측정 서비스) 실증 : 스마트폰, 드론 등 다양한 IoT 장비로 측정되는 공기 질 정보를 클라우드 데이터 레이크에 저장하고 이를 실시간으로 분석한 정보를 사용자에게 제공하는 서비스 네트워크를 구축하고 운영하여 1단계 Smart Open Platform의 성능을 평가한다.
 - Smart Campus Safety Service (스마트 캠퍼스 안전 서비스) 실증 : 보안 목적으로 설치되는 CCTV와 같은 영상 IoT 장비들을 연동하여 실시간 영상 정보를 저장하고 분석하는 서비스 네트워크를 구축하고 운영하여 2단계 Smart Open Platform의 성능을 평가한다.
 - Smart Disaster Safety Service (스마트 재난 안전 서비스) 실증 : 재난 안전 시 필요한 응급의료(진료, 후송 등)서비스 및 안전(정보수집, 분석, 전파 등) 서비스를 위한 IoT 장비들을 연동하여 실시간 서비스를 제공하기 위한 서비스 네트워크를 구축하고 운영하여 3단계 Smart Open Platform의 성능을 평가한다.



〈그림 17. KOREN SmartX 오픈 플랫폼 단계별 통합 및 확장 로드맵〉

〈표 1. KOREN SmartX 오픈 플랫폼 단계별 구축 전략〉

분야	단계별 구축 전략		
	1 단계	2 단계	3 단계
Playground	<ul style="list-style-type: none"> SmartX Playgroud를 IoT-Cloud 대응형으로 개편 SD-Access 벨트 구축을 위해 Type O 박스 설계 배포 4개 사이트 연결 	<ul style="list-style-type: none"> SD-WAN, SD-Cloud 벨트 구축을 위한 Type S, C 박스 설계 배포 OPNFV 적용 8개 사이트 연결 	<ul style="list-style-type: none"> 5G등 SD-Access 연결성 확대 Playgroud 확대 10개 이상 사이트 연결
Control Tower	<ul style="list-style-type: none"> SD-Access 벨트를 관장하는 ONOS SDN 제어기 구축 다수의 SDN/Cloud 시스템 관제가 가능하도록 Control Tower 설계 및 구축 	<ul style="list-style-type: none"> SD-Cloud, WAN 벨트를 위한 SDN 제어 시스템 확대 다수의 클라우드 Box를 제어할 수 있도록 ID Federation 개발 적용 	<ul style="list-style-type: none"> SmartX Playground 관제를 위한 통합 Control Tower 구축 완료
Platform	<ul style="list-style-type: none"> 1단계 SmartX 	<ul style="list-style-type: none"> Orchestration 및 	<ul style="list-style-type: none"> ONAP(Open

	playground를 위한 Open Platform 설계 및 구축 <ul style="list-style-type: none"> • Orchestration • OpenAPIs 개발 • Visibility OpenAPIs 및 UI 개발 	Visibility OpenAPIs 확충 <ul style="list-style-type: none"> • Intelligence OpenAPIs 개발 • Visibility UI 확충 및 Orchestration UI 개발 	Network Automation Platform) 통합 플랫폼 개발
Workflow	<ul style="list-style-type: none"> • 서비스 Workflow를 위한 참조모델 개발 • 컨테이너화된 서비스 요소 기능의 배포 및 연결을 구현 	<ul style="list-style-type: none"> • Workflow 지원을 위한 자동화 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • Workflow 과정에서 발생하는 보안문제 해결
Application Services	Smart Air Quality Service <ul style="list-style-type: none"> • 드론, 스마트폰을 이용한 이동형 IoT 디바이스 실시간 연동 기술 개발 • 데이터 레이크 구축 • 스마트 공기 질 관리 UI 시스템 개발 	Smart Campus Safety Service <ul style="list-style-type: none"> • CCTV와 같은 영상 IoT 장비 실시간 연동 기술 개발 • 방법 IoT 장비 실시간 연동 기술 개발 • Intelligence API를 이용한 지능형 보안 관제 시스템 개발 	Smart Disaster Safety Service <ul style="list-style-type: none"> • 응급의료 및 후송 서비스를 위한 IoT 플랫폼 개발 • 실시간 재난 정보수집, 분석, 전파 서비스를 위한 IoT 플랫폼 개발 • Intelligence API를 이용한 지능형 재난 관리 시스템 개발