

클라우드-네이티브 에지 컴퓨팅을 활용한 DNA 기반 X+AI 서비스 실증

| 작 성 | GIST 김종원 교수 (jongwon@smartx.kr)

- 『AI Network Lab 인사이트』 는 인공지능, 클라우드, 5G 등 4차 산업혁명의 핵심인 지능정보기술과 네트워크 신기술에 대한 동향을 간략하고 심도 있게 분석한 보고서입니다.
- 본 연구보고서는 과학기술정보통신부의 방송통신발전기금조성사업, 한국지능정보사회진흥원의 초연결지능형연구개발망 구축운영사업의 연구과제 결과이며, 한국지능정보사회진흥원/한국능률협회와 공동 기획하였습니다.
- 본 보고서의 내용의 무단 전재를 금하며, 가공인용할 때는 반드시 출처를 『한국지능정보사회진흥원(NIA)』 이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
- 본 보고서의 내용은 한국지능정보사회진흥원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

발 행 처 한국지능정보사회진흥원

발 행 인 황종성

기 획 한국지능정보사회진흥원 지능형인프라본부공공인프라팀

보 고 서 온라인 서비스 www.nia.or.kr



Contents

보고서 요약

(1) 보고서 요약	5
------------------	---

보고서 주요 내용

(1) 거꾸로(flipped) 프레임워크에 기반한 클라우드 기반 미래 ICT 인프라 구축	7
(2) 클라우드 퍼스트 시대에 따른 클라우드-네이티브 컴퓨팅 방식의 부상	10
(3) 모바일 에지 컴퓨팅의 부상에 대응하는 클라우드-네이티브 에지 컴퓨팅	12
(4) 살아있는 X+AI 서비스를 창출하는 D-N-A 개념에 부응하는 디지털 인프라	16
(5) 결론 및 시사점	18

참고문헌	20
------------	----

개요

- 디지털 전환에 대비한 거꾸로 프레임워크 기반 ICT 환경구축의 필수사항으로서 파괴적이고 급속한 변화까지 수용하는 클라우드와 연계한 소프트웨어-정의 공유인프라가 대표적임.
- 고도화된 클라우드 중심 초연결/광대역 소프트웨어-정의 공유인프라를 기반으로 다양한 분야의 개방형 데이터를 활용하면서, Data-Networking-AI (D-N-A) 개념의 융복합 서비스들이 종단-코어 두 영역이 만나는 접점인 에지 영역을 중심으로 다양하게 산출되기 시작함.
- 오픈소스 클라우드-네이티브 컴퓨팅 방식을 채택하여, 특정 사업자에 의존하지 않는 하이브리드/멀티 클라우드 구축을 지원하면서 동시에 유연하고 확장 가능한 데이터 확보·교환·공유도 지원하는 것이 필요함.
- 오픈소스 클라우드-네이티브 방식에 기반한 소프트웨어-정의 공유인프라를 종단-에지-코어 영역에 걸쳐 DevOps(개발/운영병행체제) 자동화가 가능한 형태로 구축하고 운용해야 함.
- 이를 통해서 데이터 생산 및 획득, 데이터 가공 및 처리, 데이터 분석 및 활용 과정이 점차적으로 자동화되고, 이에 따른 정제된 데이터의 축적이 자연스럽게 지속되어 장기간의 분야별 지식과 지혜가 융합된 인공지능 기반의 창의적인 X+AI 서비스들이 서서히 살아나는(Live!) 선순환적인 생태계로 발전해야 함.

보고서 요약

(1) 거꾸로 프레임워크에 기반한 클라우드 기반 미래 ICT 인프라 구축

- 디지털 전환을 위한 미래 ICT 인프라 기반 조성을 위해서는 전세계적으로 확산하고 있는 클라우드 중심으로 연계되어 발전하는 ICT 인프라-플랫폼-서비스 계층들을 기존의 피라미드 형상에서 벗어나 `끊임없이 파고드는 썩기 모습`처럼 역삼각형으로 변모시키는 거꾸로 프레임워크에 따른 파괴적인 접근이 필요함.
- 구축되는 미래 ICT 인프라로서 소프트웨어-정의 공유인프라는 다양한 사용자들이 편리하게 경제적으로 계산·저장·네트워킹 자원을 유연하게 공유하도록 지원하며, 제공된 자원들을 서로 호환적으로 활용하기 용이한 공통 도구를 함께 제공함으로써 사용자들의 창의적인 서비스 창출을 지원해야 함.

(2) 클라우드 퍼스트 시대에 따른 클라우드-네이티브 컴퓨팅 방식의 부상

- 클라우드 기반 공유 인프라의 경제성에 힘입은 클라우드 퍼스트 시대가 도래함에 따라 세계적으로 거대규모 클라우드 사업자들이 나타났으며, 오픈-소스 기반으로 컨테이너를 조율하는 클라우드-네이티브 컴퓨팅 방식도 점차적으로 성장하고 있음.
- 오픈소스 클라우드-네이티브 컴퓨팅을 활용하여 특정 클라우드 사업자에 대한 의존성을 줄이는 하이브리드/멀티 클라우드 구축을 지원하고, 유연한 기능 합성을 통한 마이크로서비스구조의 신규 서비스 창출과 개발운영병행체제에 따른 자동화를 엮어내는 개방형 구조가 활성화되고 있음.

(3) 모바일/멀티액세스 에지 컴퓨팅의 부상에 대응하는 클라우드-네이티브 에지 컴퓨팅

- 5G 및 다가오는 6G 모바일 환경에서 대용량의 트래픽을 10~20msec 이하의 초저지연으로 처리하기 위해서 종단-코어 사이의 접점으로 부상하는 지리적인 근접성에 기반한 모바일/멀티액세스 에지 컴퓨팅 기술이 필요함.
- 통신 사업자와 거대규모 클라우드 사업자들이 전략적인 협업과 상호 견제를 복합적으로 진행하는 완충지역인 에지 영역에서 오픈-소스 기반 클라우드-네이티브 컴퓨팅이 가지는 호

활성은 통신 사업자들을 중심으로 많은 지지를 받는 상태임.

(4) 살아있는(Live!) X+AI 서비스를 창출하는 D-N-A 개념에 부응하는 디지털 인프라

- 지속적으로 진행되고 있는 디지털 전환 시대에는 고도화된 소프트웨어-정의 기반의 ICT 공유인프라를 기반으로 다양한 산업 분야에서 산출된 개방형 데이터를 활용하면서, Data-Networking-AI (D-N-A) 개념에 따른 X+AI 형태의 인공지능 융복합 서비스 창출을 지원해야 함.
- X+AI 서비스들의 점진적인 확산을 지원하는 D-N-A 기반 실증환경을 거점으로 다양한 산업 분야들에 축적된 데이터와 인공지능이 훈련과 추론 형태로 결합되면서 에지-코어 클라우드 인프라와 유기적으로 연계되는 형태를 통해서 살아있는 (Live!) X+AI 서비스로 점차 발전할 것으로 예상됨.

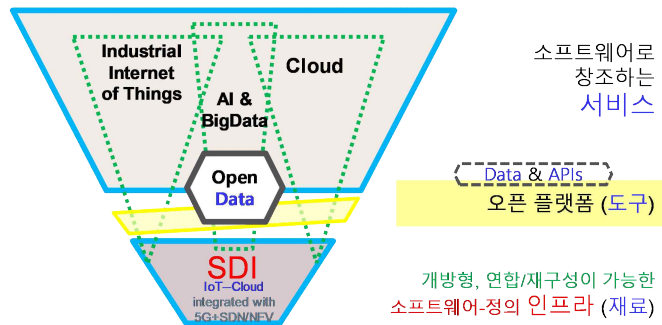
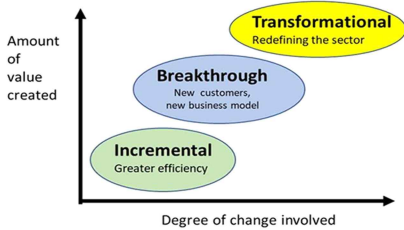
※ 시사점

- 목표하는 디지털 전환에 대비한 가치-지향 서비스 생태계를 선제적으로 만들어 내려면 D-N-A 패러다임 구도에 맞춰 데이터, 클라우드(중단-에지-코어 연계 초연결/광대역 네트워크를 포함한), 인공지능 등을 유기적으로 연계해 가는 거꾸로 프레임워크와 같은 통합적이고 구조적인 접근을 모색해야 함.
- 오픈소스 클라우드-네이티브 중심 초연결/광대역 소프트웨어-정의 공유인프라를 기반으로 사용자가 주도하는 창의적인 X+AI 서비스들을 신속하고 경제적으로 실증하도록, 초융합형 박스 기반 컴퓨팅 자원을 중단-에지-코어 영역에 걸쳐 DevOps(개발/운영병행체제) 자동화가 가능한 형태로 구축하고 운용해야 함.
- 이를 통해서 데이터 생산 및 획득, 데이터 가공 및 처리, 데이터 분석 및 활용 과정이 점차적으로 자동화되고, 이에 따른 정제된 데이터의 축적이 자연스럽게 지속되어 장기간의 분야별 지식과 지혜가 융합된 인공지능 기반의 지능형 X+AI 에지 서비스들이 서서히 살아나는(Live!) 선순환적인 생태계로 발전시켜야 함.

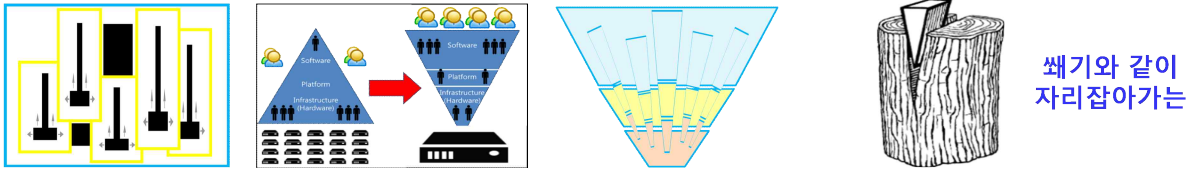
주요 내용

(1) 거꾸로 프레임워크에 기반한 클라우드 기반 미래 ICT 인프라 구축

디지털 기술이 생태계의 모든 영역에 통합되어 운영 방식을 근본적으로 변화시키면서 사용자에게 가치를 제공



전체적으로 뒤집어지는 수준의 근본적인 변화



<그림 1: 디지털 전환 시대를 위한 거꾸로 프레임워크에 따른 ICT 계층 구성>

급속도로 다가오는 디지털 기반 지능정보화 시대에 대비한 새로운 신산업 생태계를 구축하기 위해서, 4차산업혁명(Industrie 4.0), 산업인터넷(Industrial Internet), 인터넷플러스(Internet Plus) 등의 다양한 슬로건을 내세운 전방위적인 정보통신기술(Information Communication Technology: ICT) 중심의 디지털 전환(digital transformation: DX)을 시도하는 국내외적인 노력들이 활발하다[1]. <그림 1> 좌측에 제시한 바와 같이 디지털 전환은 변화의 수준이 부분적 혁신의 수준을 넘어서서 `디지털 기술이 생태계의 모든 영역에 통합되어 운영 방식을 근본적으로 변화시키면서 사용자에게 다양한 가치를 제공`하는 전체적으로 뒤집어지는 전환(transformational) 수준으로 진행되는 근본적인 변화를 의미한다. 이러한 근본적인 변화는 기존 프레임워크의 애로사항을 혁신(innovation)하여 돌파하는 차원을 넘어서서, `거대한 지렛대를 사용하여 기존의 구도를 180도 뒤집는 모습`과 같이 거대한 전환의 원동력을 지속적으로

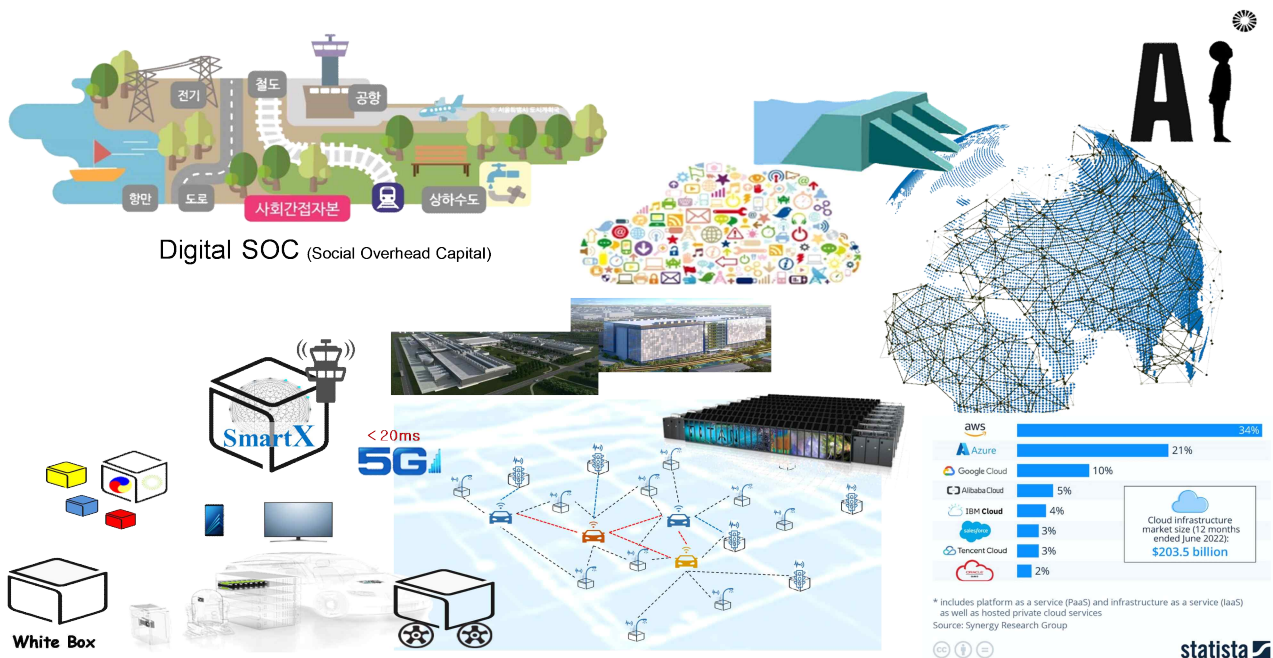
축적하는 생태계 체계를 준비해야 실현해낼 수 있다.

즉 <그림 1> 우측과 같이 전세계적으로 확산하고 있는 클라우드 중심으로 연계되어 발전하는 ICT 인프라-플랫폼-서비스 계층들을 기존의 피라미드 형상에서 벗어나 `끊임없이 파고드는 썩어 가는 모래`처럼 역삼각형으로 변모시키는 노력이 요구된다. 함께 힘을 모아서 구축하고 공유하는 <그림 1> 하부의 소프트웨어-정의 인프라(Software-Defined Infrastructure: SDI)¹⁾ 계층을 기본 재료로 삼고, 중간에 위치한 플랫폼 계층에서는 함께 쓰기 쉽도록 개방되고 호환되는 도구들을 확보하면서 이를 공동으로 활용하자라는 것이다. 또한 <그림 1> 상부에 위치한 서비스 계층에서는 축적된 데이터를 개방형으로 열어내면서 인공지능과 결합할 수 있는 다양한 서비스들의 창출이 가능하도록 만들자는 것이다. 이와 같이 `거꾸로(flipped) 프레임워크`으로 호칭하는 새로운 구도에 따라 전체적으로 미래 ICT 인프라-플랫폼-서비스의 계층적인 구조를 뒤집는 지속적인 노력을 통해서 서서히 진행중인 디지털 전환의 원동력을 축적하는 것이 필요하다.

인공지능과 데이터의 결합을 통한 폭발적인 지능정보화를 가져올 디지털 전환에 대비한 거꾸로 프레임워크 기반 환경구축의 핵심적인 필수사항으로 파괴적이고 급속한 변화까지 수용하는 `디지털 사회간접자본(Social Overhead Capital: SOC)`이 매우 중요하다. 도로, 철도, 공항, 항만과 같은 물리적인(physical) SOC 인프라에 대비되는 디지털 기술에 기반한 사이버(cyber) 인프라의 형상은 `구름과 같이 자리잡아 필요할 때는 언제나 사용이 가능한 거대규모의 컴퓨팅 자원의 집합`으로 설명되는 끊임없이 확산중인 클라우드와 밀접하게 연계된 ICT 기반의 컴퓨팅 인프라의 모습에서 관찰할 수 있다. <그림 2>의 하단과 우측에 걸쳐서 표현된 것과 같이, 전세계에 분포하는 컴퓨터들을 추상화하여 살펴보자. 그러면 사람들의 주변에 위치한 ICT 인프라의 종단(end) 영역에서는 스마트 폰, 스마트 텔레비전, 스마트 자동차 등과 같은 여러 형태의 컴퓨터들이 서로 서로 치밀하게 연결되기 시작한다. 또한 이러한 연결은 지역 내부와 외부를 연결하는

1) IoT(Internet of Things)와 클라우드가 서로 연동되도록 5G 통신 및 소프트웨어-정의 네트워킹(Software-Defined Networking: SDN)과 네트워크-기능-가상화(Network Function Virtualization: NFV) 기술이 지원하는 유연성있는 프로그래머블한 소프트웨어-정의 인프라를 의미함.

도로, 철도 등의 SOC 인프라를 중심으로 확대되며, 그림 2에서는 이를 도로상의 자동차(Vehicle), 가로등·신호등과 같은 도로 주변의 인프라(Infrastructure), 그리고 사람(People)을 V-I-P 구도로 연결한 에지(edge) 영역을 중심으로 표현하고 있다. 그리고 종단과 에지 영역에 분포하는 수많은 컴퓨터들을 지원할 수 있도록 ICT 인프라의 중심인 코어(core) 영역에는 독과점적인 거대 클라우드(hyper-cloud) 사업자들 위주의 대규모 데이터센터들이 진용을 갖추고 있다. 그리고 이들 거대 클라우드 사업자들의 데이터 센터들이 연합(federation)하여 서비스하는 모습은, 마치 전세계 커버하는 대중소 규모의 항공사들의 연합체와 비교될 수 있다. 이와 같이 다양한 수준의 연합 방식을 통한 공유가 가능한 클라우드 중심의 소프트웨어-정의(Software-Defined) 공유인프라(Shared Infrastructure)가 지구 전체를 커버하는 ICT 인프라의 형상으로 자리잡고 있다.



<그림 2: 전세계적으로 성장하는 클라우드와 함께 확산하는 디지털 사회간접자본(SOC)>

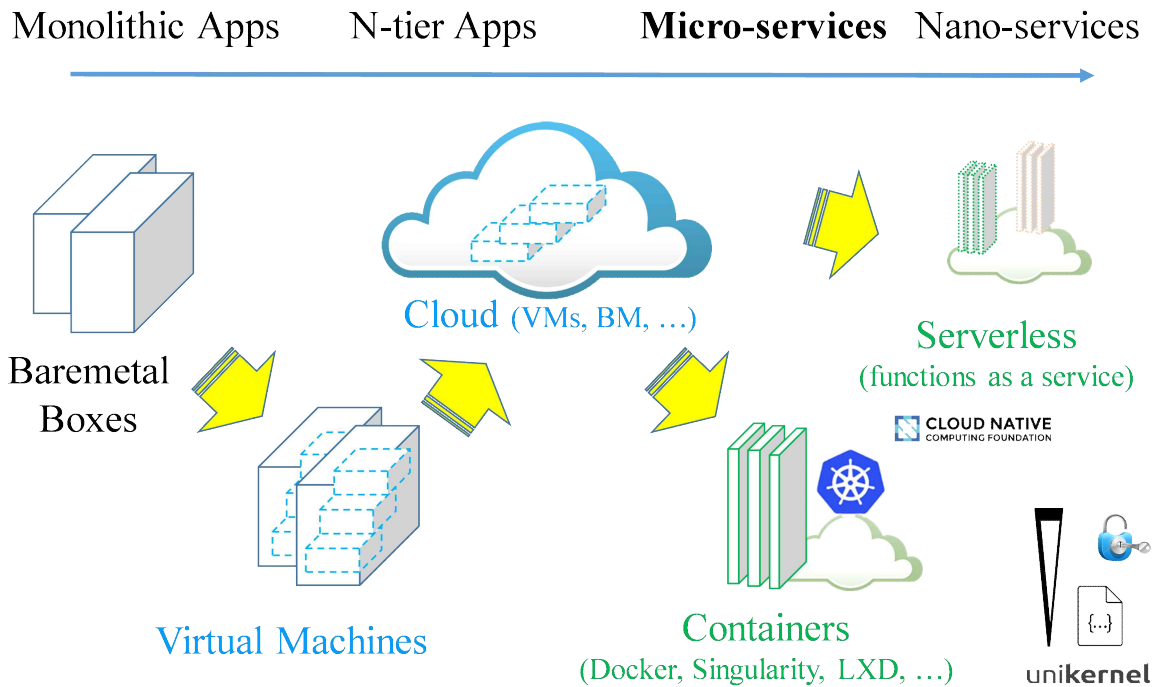
흩어져서 분포한 수많은 컴퓨터들을 중심으로 미래 ICT 인프라의 모습을 이해하려 할 때, 개별적인 컴퓨터를 바라보는 시각이 매우 중요하다. <그림 2>에 좌측 하단에 표시된 `화이트 박스(White Box)` 처럼, 개별 컴퓨터를 계산·저장·네트워킹 자원을

하나로 통합한 초융합형(hyper-converged) 박스 기준으로 재해석해 보자[5]. 그러면 흰색 바탕의 박스에 적절한 색상을 칠하여 원하는 모습으로 구성해서 활용하듯이, 자원을 통합하여 지원하는 초융합형 박스들을 표준지향의 소프트웨어로 자유롭게 재구성하고, 이들을 서로 연결하여 경제적으로 함께 활용하는 소프트웨어-정의 공유인프라로 만들어가는 것이다. 이때 초융합형 박스 형태로 담기는 계산·저장·네트워킹 자원은 코어 영역에서 멀어짐에 따라 자원의 배합이 달라지면서 박스 크기가 축소되고 용도에 맞춰 유연하게 변화되는 모습도 관찰된다. 이미 살펴본 것처럼, 초연결(hyper-connected) 네트워크로 세밀하게 연결되고 초고속(ultra-fast) 네트워크로 넓은 지역으로 확산하는 소프트웨어-정의 인프라는 종단(end), 에지(edge), 그리고 코어(core) 영역들로 크게 구분된다. 먼저 <그림 2>의 우측에 그려진 코어 영역에는 클라우드 사업자들의 거대 데이터센터들이 대용량의 박스들을 대규모로 클러스터링해서 지구 전체를 커버하는 거대한 보급 창고로 자리잡고 있다. 또한 <그림 2>의 좌측 하단에 그려진 종단 영역에는 초연결 메쉬(mesh) 형태로 서로 엮어진 다양한 사물과 사람들이 흩어져 분포하고 있으며, 이를 휴대성과 이동성이 우수한 작고 가벼운 소규모의 박스들이 지원하고 있다. 그리고 코어와 종단 영역이 만나는 에지 영역에서는 다수의 가로등과 신호등 및 차량들이 위치한 교통 분야에 특화된 사례와 같이 근접지원이 가능한 중간 규모의 박스들이 점차적으로 늘어나는 모습이 보여진다. 마지막으로 이와 같이 종단-에지-코어에 분산된 컴퓨팅 자원들인 초융합형 박스들을 이어주기 위해서, 소프트웨어-정의 보안(security) 및 네트워킹이 5G 무선 액세스(access) 네트워크로부터 초고속 광대역(wide-area) 네트워크를 거쳐서 지구 전체에 분포된 거대 클라우드 데이터센터들의 연동까지를 커버하는 종단간 전체로 확장되고 있다[5. 6].

(2) 클라우드 퍼스트 시대에 따른 클라우드-네이티브 컴퓨팅 방식의 부상

미래 지향적인 소프트웨어-정의 공유인프라가 요구하는 ‘Cloud-First 시대’의 도래에 맞춰 이에 어울리는 신속하고 경제적인 클라우드 우선의 컴퓨팅 패러다임이 필요하게 되었다. 따라서 <그림 3>과 같이 가상화 기반 클라우드에서 활용하는 가상머신(virtual machine)에서 벗어나 가볍고 유연한 컨테이너(container)를 중점적으로 전환하여 활용하는 ‘클라우드-네이티브(cloud-native) 컴퓨팅 패러다임’이 급속도로 세력을

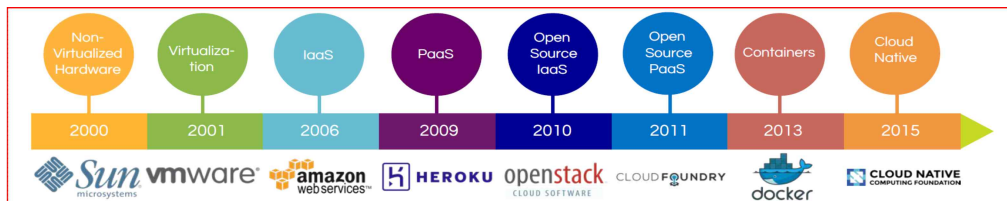
확산하고 있다[2]. 덧붙여서 최근에는 최적화된 컨테이너 기반의 `모듈화된 소프트웨어 묶음`을 의미하는 기능(function) 중심으로 제공되는 FaaS(Functions as a Service) 형태의 서버리스(serverless) 컴퓨팅 방식도 점차 증가하고 있다. 이와 같이 근본적으로 보다 경량화되고 보안이 강화된 컨테이너 기반으로 효율성과 안정성을 제고하는 차세대 클라우드-네이티브 컴퓨팅 방식이 빠르게 확산하고 있다.



<그림 3: 가상화 기반 클라우드에서 컨테이너 중심의 클라우드-네이티브 컴퓨팅으로의 전환>

관련하여 <그림 4>에 제시한 바와 같이 리눅스 재단 산하의 CNCF(Cloud-native Computing Foundation) 커뮤니티 활동이 2015년에 Kubernetes (K8S) 컨테이너 오케스트레이션 도구를 중심으로 시작되었으며, 2018년에 접어들면서 폭발적으로 세력을 확산하면서 하이브리드-멀티 클라우드(Hybrid-/Multi-Cloud) 호환이 가능한 차세대 클라우드 서비스의 근간으로 확실하게 자리를 잡아가고 있다. 클라우드-네이티브 컴퓨팅은 Kubernetes 컨테이너 오케스트레이션에 기반하여 OCI (Open Container Initiative) 방식의 컨테이너 활용, CNI (Container Networking Interface) 방식의 컨테이너 네트워킹 지원, CSI (Container Storage Interface) 방식의 스토리지 지원, SMI (Service Mesh Interface) 등과 같은 호환되는

서비스-메쉬 지원 등을 오픈-소스 소프트웨어 기반의 표준 및 통합 지향의 개방형 API로 해결한다. 또한 유연한 단위 서비스인 기능의 합성(service function composition/chaining)을 통한 마이크로서비스구조(MicroServices Architecture: MSA) 기반의 신규 서비스 창출과 개발운영병행체제(Development & Operation: DevOps)에 따른 자동화된 개발·운영 지원을 엮어내는 개방형 구조가 클라우드-네이티브 컴퓨팅 패러다임에 따라 활성화되고 있다. 추가적으로 컨테이너 자체에 있어서도 초기에 대세를 점유했던 단일 프로세서 수준의 요소 서비스 기능을 제공함에 집중한 Docker 컨테이너를 이어서, LXD 머신 컨테이너, HPC 대응이 향상된 Singularity (또는 Apptainer) 컨테이너, 보안성이 강화된 Kata 컨테이너 등과 같은 다양하면서도 OCI 방식에 따른 호환성이 강조되는 컨테이너들이 확산적으로 제공되는 추세이다.



Cloud native computing uses an open source software stack to be:

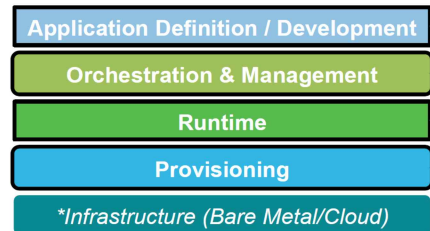
- Containerized



- Dynamically orchestrated



- Microservices oriented

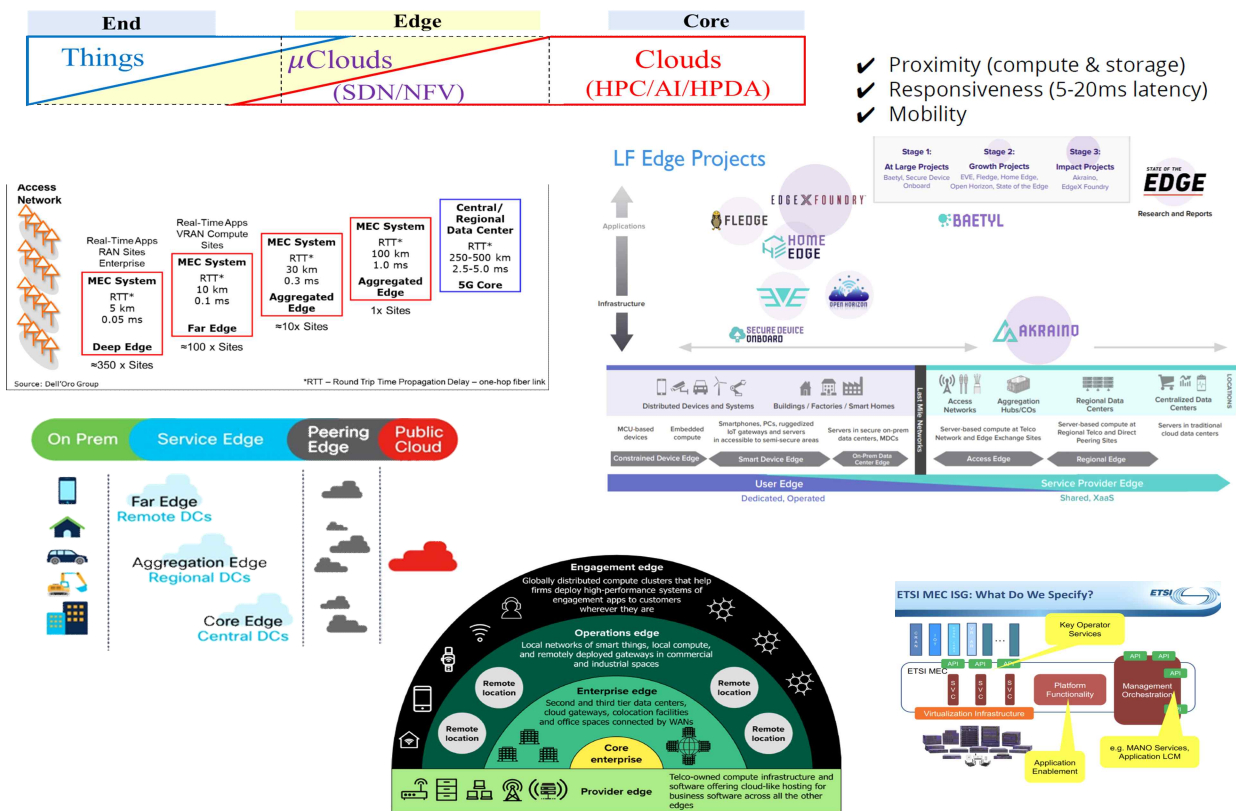


microservices + automation + DevOps
 →→
 Agility of software teams + Resilience of applications.

<그림 4: CNCF 클라우드-네이티브 컴퓨팅의 핵심 개념>

(3) 모바일/멀티액세스 에지 컴퓨팅의 부상에 대응하는 클라우드-네이티브 에지 컴퓨팅
 상기한 통합적인 소프트웨어-정의 기반 미래형 ICT 인프라 구도에 맞추어 초대용량

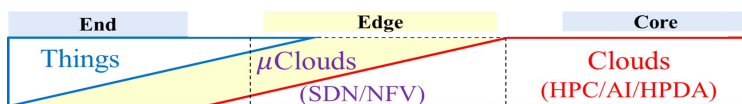
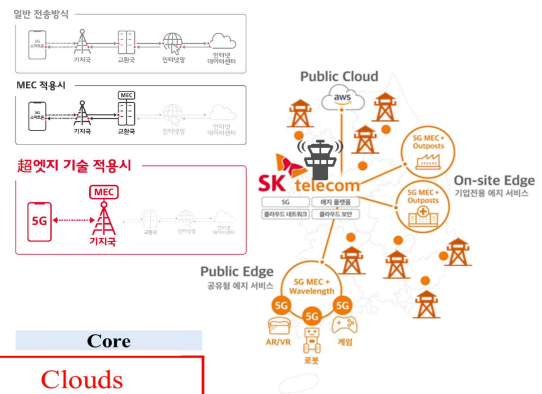
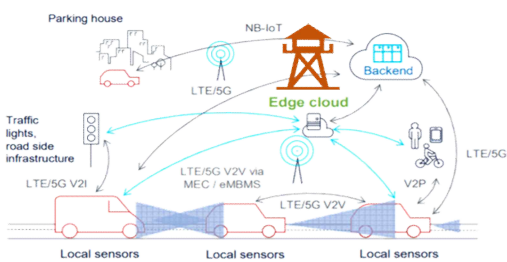
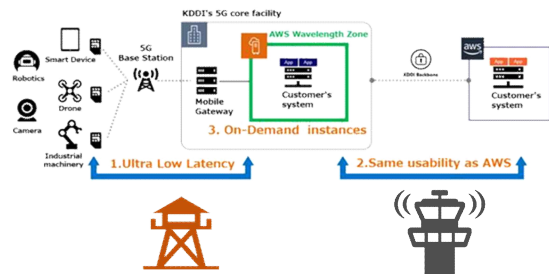
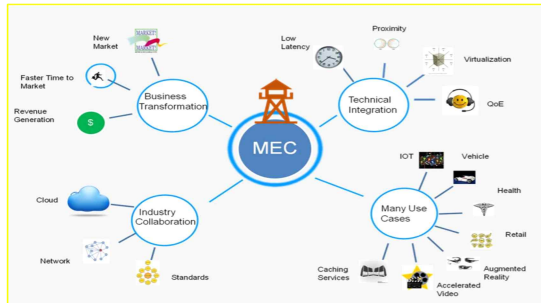
정보가 실시간으로 교환되는 미래형 융복합 서비스가 대두되고 있으나, 기존 4G 모바일 환경에서는 사용자의 모든 트래픽이 중앙의 코어로 집중되는 형태적인 제약으로 인하여 대용량/실시간 처리에 기술적 한계가 존재한다. 따라서 5G 및 다가오는 6G 모바일 환경에서는 대용량의 트래픽을 10~20msec 이하의 초저지연으로 처리하기 위해서 종단-코어 사이의 접점으로 부상하는 지리적인 근접성에 기반한 에지 컴퓨팅에 따른 모바일/멀티액세스 에지 컴퓨팅(MEC: Mobile/Multi-access Edge Computing) 기술이 주목받고 있다[3]. <그림 5>에서 확인할 수 있듯이, 종단 영역과 코어 영역 사이에 위치한 에지 영역은 상대적인 위치에 따라서 Deep Edge, Far Edge, Aggregated Edge 등으로 구분되기도 한다. 또한 사용 방식이나 제공하는 방식에 따라 Service/Peering Edge 또는 Engagement-Operation-Enterprise 및 Provider Edge 등과 같이 다양하게 해석된다. 따라서 에지 컴퓨팅의 세부적인 방식은 대상 환경의 구체적인 상황에 맞춰서 적절하게 구분하면서 적용하는 것이 매우 중요하다.



<그림 5: 모바일/멀티액세스(mobile/multi-access) 에지 (클라우드) 컴퓨팅>

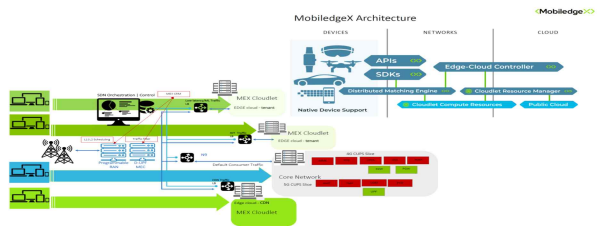
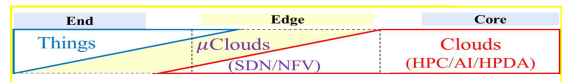
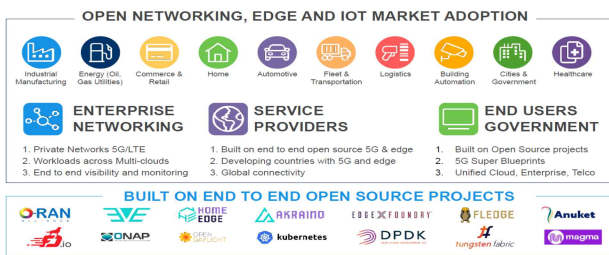
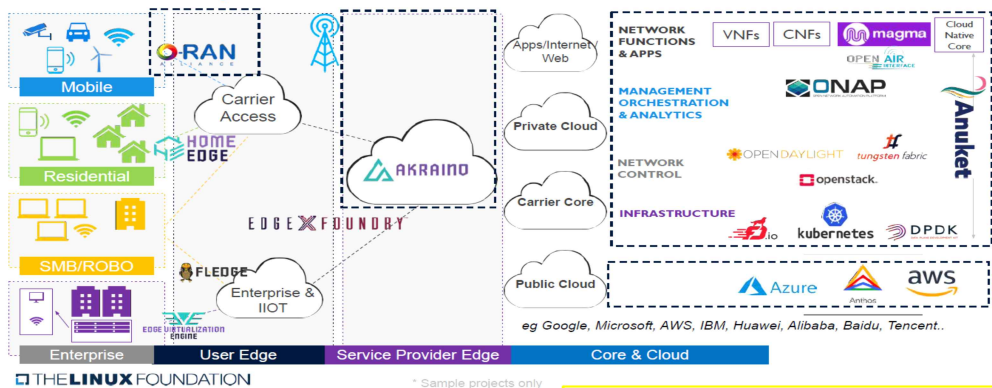
또한 모바일/멀티액세스 에지 컴퓨팅을 <그림 6>과 같이 통신 사업자와 거대규모 클라우드 사업자들이 전략적인 협업과 상호 견제를 복합적으로 진행하는 완충지역 구도에서 이해하는 것도 매우 중요하다. <그림 6>의 우측 상단에 제시한 클라우드 사업자 AWS와 통신사업자 KDDI 의 5G 협업을 의미하는 AWS Wavelength 서비스와 같은 전략적인 협업 유형이 확산되고 있다. 또한 스마트 공장(smart factory), 자율주행을 포함한 미래형 ITS (Intelligent Transportation System) 환경 등과 같이 초저지연 응용 서비스를 위한 근접 지원이 필수적인 대상 분야들을 중심으로 에지 컴퓨팅에 대응하는 분산된 멀티-사이트(multi-site) 에지 클라우드의 선제적인 구축도 가시화되고 있다. 국내에서도 2020년 후반에 시작된 MEC (Multi-access Edge Computing) 포럼을 중심으로 MEC 및 5G이음 시범 서비스 실증을 통한 호환성 있는 에지 컴퓨팅 패러다임 확산에 대한 노력이 진행되고 있다[4]

Multi-access Edge Computing: 통신 + 클라우드 사업자들의 접점



<그림 6: 통신 및 클라우드 서비스 사업자들의 접점인 멀티액세스 에지 컴퓨팅>

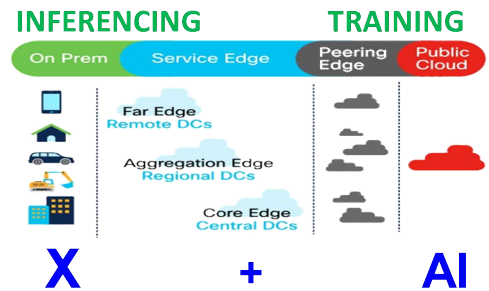
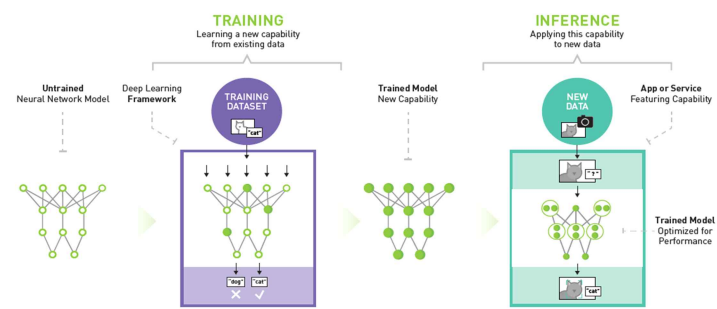
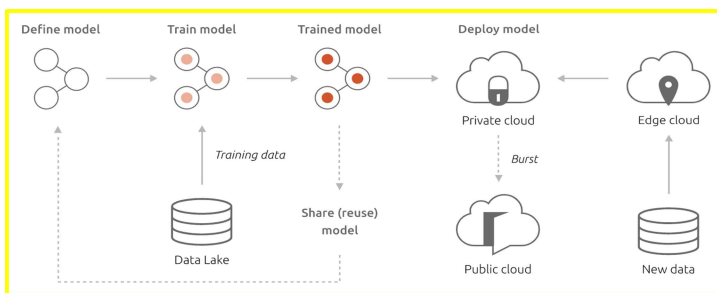
이와 같이 다수의 통신 및 클라우드 사업자들의 접점이 된 에지 영역에서 오픈-소스 기반 클라우드-네이티브 컴퓨팅이 가지는 호환성은 통신 사업자들의 우선적인 지지를 얻고 있는 상태이다. 따라서 <그림 7>과 같이 리눅스 재단의 Linux Foundation Edge (LF Edge) 활동과 같이 오픈-소스 중심의 클라우드-네이티브 컴퓨팅을 지원하는 에지 컴퓨팅 운용 방식이 지속적으로 부상하고 있다[3]. 세부적으로는 Akraino, EdgeX Foundry 등을 중심으로 리눅스 기반의 에지 장비의 운용체제와 연동 소프트웨어를 구현하도록 지원하고 있다. 또한 호환성있는 에지-코어 연동의 차원에서 하이브리드(hybrid) 클라우드를 활용하거나 지역적으로 분산된 멀티사이트 에지 클라우드들을 유연하게 활용할 수 있도록, Kubernetes 컨테이너 오케스트레이션을 활용하거나 Anuket 프로젝트를 통해서 클라우드-네이티브한 네트워크 기능들과 응용을 지원하는 에지 컴퓨팅 생태계로의 진화도 준비되고 있다.



<그림 7: 리눅스 재단의 에지 활동과 클라우드-네이티브 에지 컴퓨팅>

(4) 살아있는(Live!) X+AI 서비스를 창출하는 D-N-A 개념에 부응하는 디지털 인프라

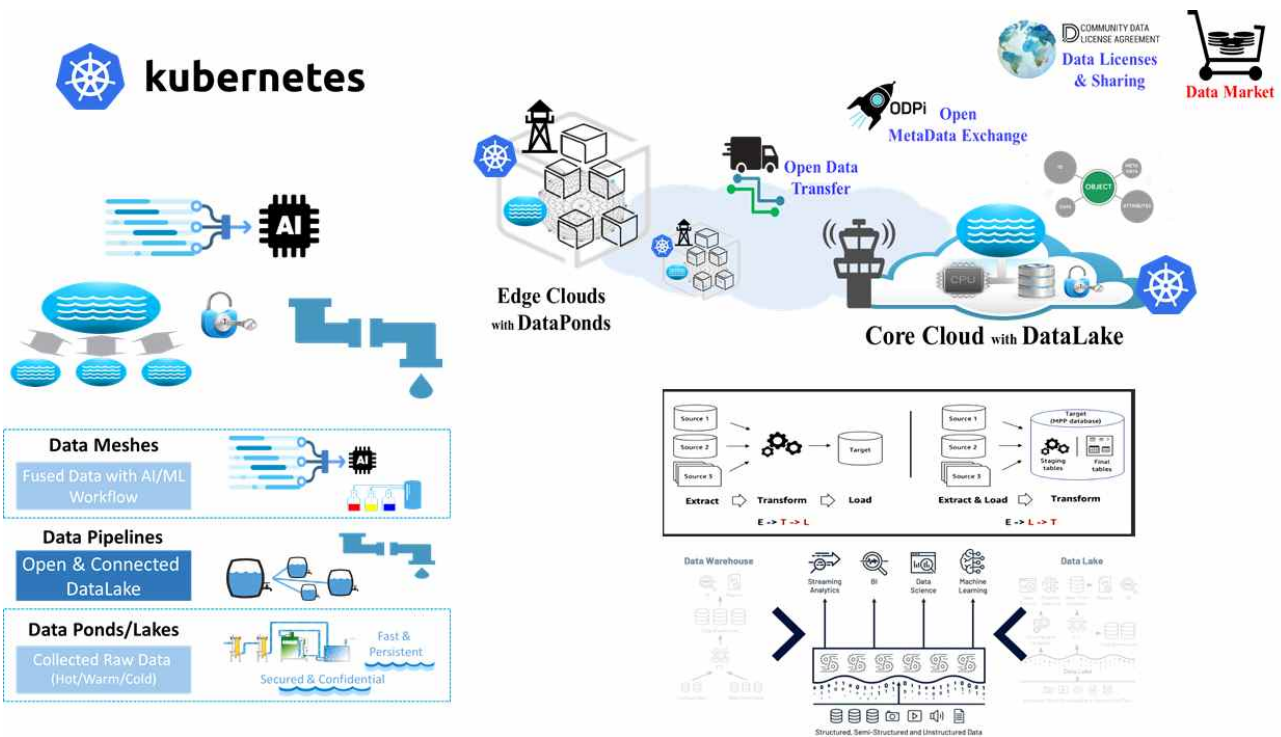
지속적으로 진행되고 있는 디지털 전환 시대에는 고도화된 소프트웨어-정의 기반의 ICT 공유인프라를 기반으로 다양한 산업 분야에서 산출된 개방형 데이터(Open Data)를 활용하면서, Data-Networking-AI (D-N-A) 개념에 따른 X+AI 형태의 인공지능 융복합 서비스 창출을 지원해야 한다. 즉 다양한 산업 분야들에 AI를 접목하여 AI의 산업적 확산을 시도하는 공급 중심의 ‘AI+X’를 넘어서서, X+AI 융복합 서비스의 점진적인 확산을 지원하는 D-N-A 기반 실증환경이 다양한 산업 분야에서 도메인 전문가가 축적한 데이터 중심으로 인공지능이 결합되는 ‘X+AI’의 모습으로 서서히 발전될 것이다. 관련하여 2020년 7월 정부는 ‘한국판 뉴딜’을 통해 D-N-A 기반 디지털 혁신이 국가 경제사회 전반의 디지털 전환과 성장을 이뤄낼 핵심 주체임을 선언한 바 있다. 즉 공공과 산업 현장에서 만들어진 데이터가 데이터담에 축적되고 저장된 데이터에 AI가 결합되어 5G로 연결되는 D-N-A 기반 디지털 혁신이 향후 국가 혁신성장을 위한 지능정보화의 핵심으로 판단한 것이다.



<그림 8: D-N-A 패러다임에 기반한 X+AI 활용:
코어 클라우드를 통한 훈련과 에지 클라우드 상의 추론>

<그림 8>의 좌측 상단과 하단을 살펴보면, 인공지능 기술을 적용하기 위해 DL(Deep Learning) 방식에 따른 AI 모델의 훈련(training)과 추론(inferencing)을 진행하는

단계별 과정들을 확인할 수 있다. 즉 주어진 대량의 정리된 학습 데이터에 대한 대규모 훈련을 통해서 AI 모델을 생성하고 갱신하는 훈련 과정이 새로운 현장의 데이터와 만나서 적용되는 추론 과정으로 자연스럽게 효율적으로 연계시키는 체계가 필요함을 알 수 있다. 특히 <그림 8>의 좌측 상단이나 우측 하단과 같이 최근에 주목받는 에지 클라우드/컴퓨팅 방식과 접목시키는 형태를 자세히 살펴보는 것은 매우 중요하다. 즉 대규모 훈련을 수행하는 코어 클라우드 영역과 추론을 통한 활용을 진행하는 에지 클라우드 영역으로 나누면서, 에지 영역을 중심으로 다양한 분야별 산업들과 접점을 가지면서 특화된 X+AI 융합형 서비스들이 산출되도록 디지털 인프라를 구축하는 부분에 주목해야 한다. 정리하면, 축적된 데이터에 대한 체계적인 훈련과 새로운 입력 데이터에 대한 추론이 연속적으로(iterative) 반복되는 구도 속에서 AI 모델이 끊임없이 개선되어 X+AI 서비스가 점차적으로 발전하는 살아있는(Live!) 인공지능 기술의 실현이라는 난제를 해결해야 한다.



<그림 9: Connected DataLake 데이터 공유를 위한 에지 및 코어 클라우드 협력 구도>

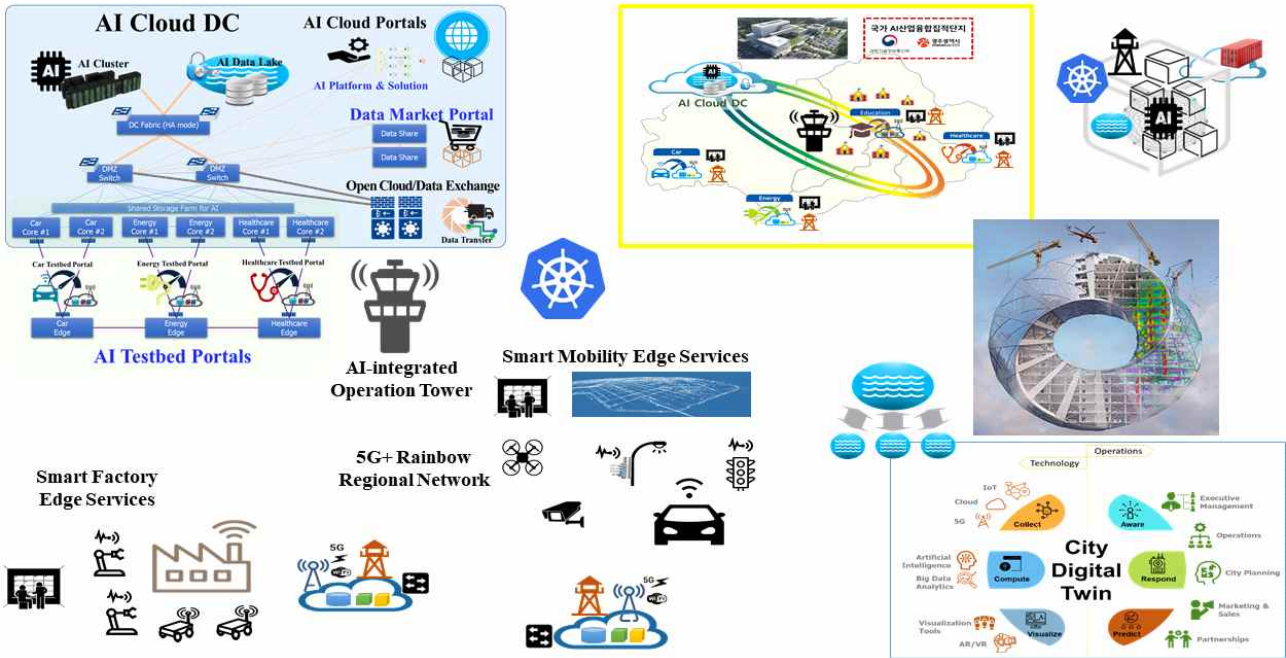
최근들어 종단 영역과 코어 영역들이 만나는 에지 클라우드 영역을 중심으로, 스마트 공장, 스마트 도시 등과 같이 분야별로 형성된 대상환경 접점에서 특화된 X+AI 융합형

서비스들이 다양하게 산출되기 시작했다. 즉 고도화된 소프트웨어-정의 ICT 공유인프라를 기반으로 다양한 특화 분야에서 산출된 개방형 데이터를 활용하면서, D-N-A 개념의 인공지능 융복합 서비스 창출이 서서히 시작된 것이다. 이를 위해서 클라우드 연계형 공유 인프라는 특정 벤더에 의존하지 않는 오픈소스 클라우드-네이티브 컴퓨팅 기반의 하이브리드/멀티 클라우드 구축을 지원하고, 함께 부상하는 데이터-중심(data-centric) 컴퓨팅 패러다임에서 요구하는 유연하고 확장성있는 데이터 확보·교환·공유 또한 체계적으로 지원해야 한다. <그림 9>는 오픈소스 클라우드-네이티브 컴퓨팅을 활용하여 특정 벤더의 의존성을 줄이는 하이브리드 클라우드 구축과 함께, 데이터-중심 컴퓨팅 추세에 따른 D-N-A 패러다임에도 충실하게 대응하는 소프트웨어-정의 공유인프라의 개념을 보여준다. 특히 D-N-A 패러다임에서 요구하는 데이터의 유연하고 확장성이 있는 확보·교환·공유를 위해서는 <그림 9>에 표현된 데이터 연못들(ponds)과 데이터 호수들(lakes)을 연결하여 데이터 댐과 같은 정제된 데이터의 방대한 축적을 지원하는 'Connected DataLake' 개념에 따른 에지 및 코어 클라우드의 유기적인 협력에 따른 데이터-중심 인프라 측면에서의 구조적인 개선도 필수적이다. 이를 위해서는 데이터 생산이 이뤄지는 종단-에지 위치를 감안한 분산화된 데이터 저장 공간의 구축, 분산된 데이터 셋(set)에 대한 초고속·광대역 네트워크를 통한 데이터 전달(transfer), 그리고 저장된 데이터의 내용을 요약하여 손쉽게 공유되도록 하는 메타데이터 관리 및 교환 등을 포함한 여러 단계의 확장성이 있는 데이터 교환 및 공유 기법들을 개발하고 이를 적용한 통한 개방형 데이터 공유를 지원해야 한다.

(5) 결론 및 시사점

목표하는 디지털전환에 대비한 가치-지향 서비스 생태계를 선제적으로 만들어내려면 D-N-A 패러다임 구도에 맞춰 데이터, 클라우드(종단-에지-코어 연계 초연결·초고속·광대역 네트워크를 포함한), 인공지능 등을 유기적으로 연계해가는 거꾸로 프레임워크와 같은 통합적이고 구조적인 접근을 모색해야 한다. 이를 통하여 오픈소스 클라우드-네이티브 중심의 초연결·초고속·광대역 소프트웨어-정의 공유인프라를 기반으로 사용자들이 주도하는 창의적인 X+AI 서비스들을 신속하고 경제적으로 실증하도록 구축해야 한다. 또한 오픈소스 중심 클라우드-네이티브 인프라를 종단-에지-코어 영역에 걸쳐 DevOps(개발/운영병행체제) 자동화가 가능한 형태로 운용해야 한다. 이를 통해서 데이터 생산 및 획득, 데이터 가공 및 처리, 데이터 분석 및 활용 과정이 점차

적으로 자동화되고, 이에 따른 정제된 데이터의 축적이 자연스럽게 지속되면서 장기간의 분야별 지식과 지혜가 융합된 인공지능 기반의 X+AI 에지 서비스들이 서서히 살아나는(Live!) 선순환적인 생태계로 발전시켜야 한다.



<그림 10: 집적단지 중심의 X+AI 서비스 실증을 연계하는 도시-규모 디지털 트윈 실현>

따라서 <그림 10>과 같이 여러 특화 분야별로 생성되는 데이터를 수집·저장·처리하고 이를 활용하여 도시-규모(city-scale) X+AI 서비스들이 서로 연계되어 디지털 트윈 개념으로 확산하도록 구축하는 에지-코어 클라우드 연계형 실증 테스트베드 구도의 집적단지 조성 사례도 주목할 필요가 있다. 즉 `살아있는 데이터에 기반한 실용적인 X+AI 에지 서비스에 대한 실증적인 R&D`가 이뤄지도록 산·학·관·연의 참여 주체들이 함께 활용하는 선행적인 공용 인프라를 오픈-소스 클라우드-네이티브 컴퓨팅 패러다임에 맞춰서 구축해 나가는 노력이 매우 중요할 것이다.

클라우드-네이티브 에지 컴퓨팅을 활용한
DNA 기반 X+AI 서비스 실증

참 고 문 헌

- [1] C. Matt, T. Hess, and A. Benlian, “Digital transformation strategies,” *Business & Information Systems Engineering*, vol. 57, no. 5, pp. 339-343, 2015.
- [2] Cloud-native Computing Foundation, “CNCf Annual Report,” online: <https://www.cncf.io/reports/cncf-annual-report-2021/>.
- [3] Linux Foundation, “State of the Edge 2022: A Market and Ecosystem Report for Edge Computing,” online: <https://stateoftheedge.com/reports/state-of-the-edge-report-2022/>.
- [4] Multi-access Edge Computing (MEC) forum website, online: <https://www.mecforum.org/>.
- [5] 김종원, “오픈소스 융합형 화이트 박스에 기반한 소프트웨어-정의 인프라 환경,” *OSIA Standards & Technology Review Journal*, 28권, 1호, 2015.
- [6] 김종원, “융합형 소프트웨어-정의 인프라로의 혁신이란?” *한국통신학회지 정보와통신 열린강좌*, 12권, 별책 4호, 25-33, 2017.
- [7] 김종원, “오픈 네트워킹에서 시작되는 미래형 데이터-중심 소프트웨어-정의 인프라로의 전환,” *한국통신학회지 정보와통신*, 36권, 9호, 37-43, 2019.