

6G 네트워크를 위한 분산 클러스터 구성 시스템 설계

이장원, 응웬 탄 응웬, 김영한*
 숭실대학교

jangwon.lee@dcn.ssu.ac.kr, ntnguyen@dcn.ssu.ac.kr, *youngnak@ssu.ac.kr

A Design of Distributed Cluster Deployment System for 6G Network

Jang Won Lee, Nguyen Thanh Nguyen, Younghak Kim*
 Soongsil Univ.

요 약

6G 네트워크는 5G 네트워크 보다 분산화 된 환경에서 다양한 서비스를 가상화 하여 운영하게 될 것으로 예상된다. 이에 필요한 기반 환경은 현재의 컨테이너 중심의 클라우드 환경을 보다 분산화 된 엣지 클라우드 중심으로 구성하고 그 위에 컨테이너 기반 플랫폼인 클러스터를 자유롭게 구성하는 형태로 제공될 것이다. 본 논문에서는 이러한 분산 클라우드 환경에서 다수의 컨테이너 클러스터를 생성할 수 있는 모델을 제안하고 이에 필요한 자동화 구조를 제안하였다.

I. 서 론

5G 인프라는 서비스의 다양성과 QoS 등의 품질 향상을 위해 분산 환경 기반으로 설계되어 코어 엣지 운영 구조로 바뀌고 있다. 4G의 vEPC를 기점으로 서비스는 가상화 운영되고 컨테이너 기술 및 마이크로 서비스 기반의 SBA (Service Based Architecture)로 설계하여 컨테이너 중심의 인프라로 바뀌고 있다. 하지만 5G 시나리오의 복잡한 서비스가 아직 원활히 운영되지 않아 아직 엣지의 수는 적고 코어를 중심으로 서비스가 동작 된다. 5G 및 6G 비전의 시나리오는 초저지연 서비스 및 방대한 트래픽 기반으로 보다 더 분산화 된 환경이 요구된다[1][2]. 또한 각 엣지는 기존의 코어 클라우드의 기능들을 독립적으로 구성하여 수많은 서비스들을 운영 및 관리하는 중심이 될 것이다. 운영의 중심이 코어에서 엣지로 이동함에 따라 사업자는 엣지를 자유롭게 구성할 수 있어야 하며 이는 컨테이너 기반 플랫폼인 클러스터의 구성 다양화를 의미한다.

이 과정에서 크게 두 개의 문제가 발생한다. 첫 번째는 위치이다. 클라우드 도메인에서는 플랫폼 및 서비스는 CSP (Cloud Service Provider)를 통해 배포된다. 하지만 서비스는 무수히 많은 곳에 존재할 수 있으므로 CSP 내 적절한 위치에 동적으로 배포될 수 있어야 한다. 두 번째는 무수히 많은 서비스로 인한 관리 플랫폼의 다양성이다. 사람이 다양한 어플리케이션 요구사항을 위한 클러스터 배포를 수행할 경우, 비슷한 요구사항의 클러스터 결과물이 다를 수 있다. 이에 따라 클러스터 배포의 신속성 및 일반화를 위해 명세서에 대해서 Intent 기술을 이용한 추상화가 필요하다[3].

이를 위해, 본 논문은 클러스터 자동 생성 모델을 설계하고 코어 클라우드에서 명세서를 통해 클러스터 배포 자동화가 가능함을 보인다. 먼저 본 연구를 위해 구성한 인프라 및 관련된 프로젝트를 설명하고, 정의한 리소스 및 자동화 구조에 대해 설명한다.

II. 본문

본 논문에서는 그림 1 과 같은 구조로 오픈소스 프로젝트를 통해 클러스터 자동 생성 모델을 설계한다. 전체 인프라는 컨테이너 플랫폼인 쿠버네티스를 통해 동작한다. 서비스를 위한 클러스터는 두 프로젝트를 통해 생성된다. Nephio 는 Linux Foundation 프로젝트로 Intent 기반 리소스를 설계하여 인프라 및 NF 등의 통신사 도메인의 관리를 목적으로 하는 프로젝트이다[4]. ClusterAPI 는 쿠버네티스 하위 프로젝트로 선언적 API 및 툴을 제공하여 여러 쿠버네티스 클러스터의 배포, 업그레이드 등 운영 간소화를 위한 프로젝트이다[5]. 다양한 CSP 와 연계하여 클러스터를 생성 및 관리하는 기능이 있으며 본 논문에서는 프라이빗 클라우드 오픈소스 프로젝트인 오픈스택을 사용하여 오픈스택 VM 으로 클러스터를 구성한다. 생성된 클러스터의 워크로드 관리는 EMCO 등 다양한 프로젝트를 연계하여 추후 배포 및 관리할 수 있다[6]. 그림 1 과 같이 관리 플랫폼과 CSP 는 다른 사이트 존재하며, CSP 를 통해 클러스터를 생성 및 관리한다.

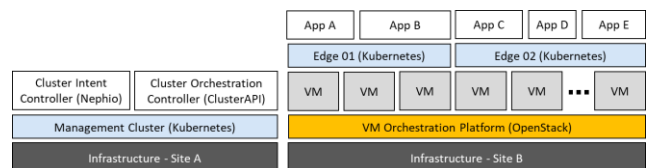


그림 1. 클러스터 자동 생성을 위한 인프라 구조

클러스터 자동 생성을 위해 본 논문은 그림 2 와 같이 두 가지의 리소스를 정의한다. 그림 2 와 같은 리소스를 그림 3 의 구조 및 절차를 통해 클러스터 생성 자동화를 수행한다. 이 두 커스텀 리소스는 쿠버네티스 리소스를 확장하는 방법인 CRD (Custom Resource Definition)로 정의할 수 있다. 클러스터 리소스는 클러스터 정보를 관리하며 인프라 리소스는 클러스터가 실제 배포되는

인프라 정보를 관리한다. 사용자는 다양한 요구사항에 맞는 인프라 리소스를 각 모델로 정의하고 클러스터 리소스에 매핑하여 요구사항에 적합한 클러스터 즉시 배포 가능하다. 두 리소스는 리소스 재할용 및 간편화의 이점을 얻기 위해 GitOps 방법으로 수행된다[7]. 각 클러스터는 `repostiroyRef` 의 저장소와 1:1 로 동기화되어 워크로드 및 리소스의 관리, 배포를 수행하고 Infra 의 `repostiroyRef` 를 통해 인프라 정보의 사전 정의된 것들을 저장 및 활용할 수 있게 된다.

```
apiVersion: infra.nephio.org/v1alpha1
kind: Cluster
metadata:
  name: edge-01
  infraType: openstack-small-edge-cluster
  labels:
    nephio.org/region: kr-seoul1
    nephio.org/site-type: reigonal
    nephio.org/site: kr-seoul1
spec:
  kubernetesVersion: v1.24.8
  cni: Flannel
  repositoryRef:
    name: kr-seoul1-edge-01

apiVersion: infra.nephio.org/v1alpha1
kind: Infra
metadata:
  name: openstack-small-edge-cluster
  labels:
    nephio.org/region: kr-seoul1
    nephio.org/site-type: reigonal
    nephio.org/site: kr-seoul1
  provider: OpenStack
  provisionMethod: Cluster-API
spec:
  kubernetesVersion: v1.24.8
  controlPlaneMachineCount: 3
  kubernetesMachineCount: 3
  podCIDR: ["10.244.0.0/16"]
  repositoryRef:
    name: openstack-small-edge-cluster
```

그림 2. Cluster Intent 리소스 예
Cluster Type(좌), Infra Type(우)

그림 2 왼쪽인 클러스터 리소스는 CSP 정보를 갖는 Infra Type 리소스의 이름, 클러스터의 생성 위치 및 옵션에 대한 정보를 갖고 있다. 클러스터는 region, site-type, site 의 메타데이터 라벨 정보를 통해 CSP 내 특정 위치에 생성된다. 클러스터 생성 시 네트워크 및 각 컴포넌트의 다양한 옵션이 변경될 수 있으며, 이를 위해 spec 하위에 기술될 수 있다. 그림 2 의 예는 'openstack-small-edge-cluster'로 정의된 인프라 리소스를 통해 필요한 정보들을 추상화하고 네트워크 구성 방법 중 Flannel 기반으로 클러스터를 생성한다.

그림 2 의 오른쪽 예는 Infra Type 리소스를 설명한다. 실제 클러스터가 배포되는 CSP 마다 인프라 구성 및 리소스의 표현이 다르므로 이를 위한 리소스가 필요하다. 인프라 리소스는 CSP 타입, 클러스터 배포 방법과 클러스터를 구성하는 VM 리소스 등의 정보로 구성된다. 이 정보들은 packageRef 의 리소스로 사전 정의될 수 있다. 또한 Cluster API 의 커스텀 리소스가 저장소에 사전 정의되어 각 CSP 의 특이점을 생성 과정 중 적용할 수 있다.

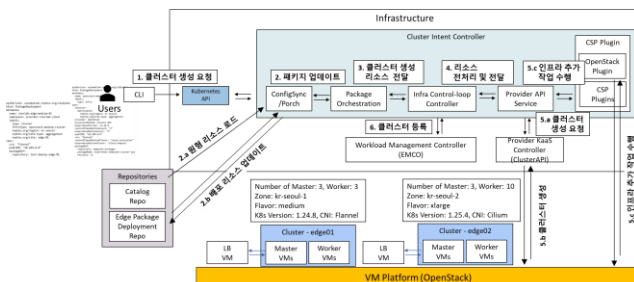


그림 3. 클러스터 생성 절차 및 구조

그림 3 은 클러스터 생성 절차 및 구조를 설명한다. 절차 2 를 통해 리소스를 관리하며, 절차 3 과 4 를 통해 리소스를 전처리하고 실제 CSP 에 요청 준비를 수행한다. 과정 5 는 클러스터 생성 과정과 CSP 에 생성된 리소스의 관리 및 커스텀화 과정을 수행한다. 관리 및 커스텀화 과정은 각 CSP 에 맞는 플러그인을 통해

수행되며 Infra Control-loop Controller 에서 관리한다. 최종적으로 그림 3 의 'edge01', 'edge02'처럼 API 접근을 위한 로드밸런서와 HA 구성된 컨트롤 플레인 및 워크로드 노드를 구성으로 하여 위치와 요구사항이 다른 클러스터를 사용자에게 제공할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 5G 및 6G 비전의 시나리오를 위해 현재보다 더 분산된 클라우드 및 엣지 클라우드 중심의 인프라가 필요함을 설명하였다. 또한 엣지의 구성이 되는 클러스터의 요구사항 및 다양성을 수용하는 Intent 기반 명세서가 필요함을 설명하였다. 이를 위해 클러스터 자동 생성 모델 및 자동화 구조를 제안하고 요구사항에 맞게 구성된 클러스터를 생성 가능함을 보였다. 이와 유사한 방법으로 인프라 관리에 필요한 다양한 기능들을 추상화 가능하며 인프라의 OPEX 비용 절감을 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT)(No.2022-0-01015, Development of Candidate Element Technology for Intelligent 6G Mobile Core Network)

참고 문헌

- [1] Wei Jiang, "The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey", IEEE Open Journal of the Communications Society, 2, pp. 334-366, Feb. 2021
- [2] Yuanzhe Li, "Cognitive Service Architecture for 6G Core Network", IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17, pp. 7193-7203, Mar. 2021
- [3] Yiming Wei, "Intent-based networks for 6G: Insights and challenges", Digital Communications and Networks, 6, pp. 270-280, Aug. 2020
- [4] Nephio, "Nephio: Cloud Native Network Automation", 2022, (<https://nephio.org/>)
- [5] ClusterAPI, "The Cluster API Book", 2022, (<https://cluster-api.sigs.k8s.io/>)
- [6] Grzegorz Panek, "Application Relocation in an Edge-Enabled 5G System: Use Cases, Architecture, and Challenges", IEEE Communications Magazine, 60, pp. 28-34, Aug. 2022
- [7] Florian Beetz, "GitOps: The Evolution of DevOps?", IEEE Software, 39, pp. 70-75, Oct. 2021