K-ONE 기술 문서 #27

OpenStack Tacker 기반 VNFFG 미터링 프레임워크 개발 방안

Document No. K-ONE #27
Version 0.1
Date 2018-02-28
Author(s) 백호성

K-ONE

ONK
OpenNetworkingKorea

■ 문서의 연혁

버전	날짜	작성자	내용
초안 - 0.1	2018.02.28	백호성	초안 작성

본 문서는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로
정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2015-0-00575,
글로벌 SDN/NFV 공개 소프트웨어 핵심 모듈/기능 개발)

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2015-0-00575, Global SDN/NFV Open-Source Software Core Module/Function Development)

기술문서 요약

본 고는 OpenStack Tacker 기반 VNFFG 미터링 프레임워크 개발 방안에 대한 기술문서이다. 본 고는 다음과 같이 구성된다. 1장은 VNF Forwarding Grpah 구성을 위한 오픈 소스 프로젝트로 Tacker, Ceilometer 그리고 Gnocchi 프로젝트에 대해 분석한다. 2장은 OpenStack Tacker의 기능에 대해 설명하고 3장에서는 VNFFG 구성 알고리즘에 대해 테스트 및 소스코드 분석 그리고 미터링 프레임워크를 위한 개발 방안에 대해 기술한다.

Contents

K-ONE #27. OpenStack Tacker 기반 VNFFG 미터링 프레임워크 개발 방안

1. VNF Forwarding Graph를 위한 오픈 소스 프로젝트 ····· 6
1.1. OpenStack Tacker ····· 7
1.2 OpenStack Ceilometer ····· 9
1.3 OpenStack Gnocchi ····· 11
2. OpenStack Tacker의 기능 ····· 11
2.1. VNF Manager ····· 12
2.2. VNFFG Manager ····· 12
2.3. Multi-site VIM ····· 23
2.4. Tacker Monitoring Framework ····· 23
2.5. Enhanced Placement Awareness ····· 26
3. OpenStack Tacker 기반의 VNFFG 구성 알고리즘 ····· 29
3.1. 기존의 VNFFG 구성 알고리즘 ····· 29
3.2. VNFFG 소스코드 분석 ····· 30
3.3. VNFFG 구성 알고리즘 테스트 ····· 40
3.4. VNFFG 미터링 프레임워크를 위한 개발 방안 ····· 42
4. 결 론 ····· 44

그림 목차

그림 1. OpenStack 개념적 구조 ····· 7
그림 2. OpenStack Tacker target 기능 ····· 8
그림 3. Tacker의 구조 ····· 9
그림 4. Ceilometer의 구조 ····· 9
그림 5. Ceilometer의 데이터 처리 기능 ····· 10
그림 6. http monitoring VNFD template (1/2) ····· 13
그림 7. http monitoring VNFD template (2/2) ····· 14
그림 8. networking-sfc 드라이버가 추가된 tacker 구조 ····· 15
그림 9. VNFM NSH TOSCA template ····· 16
그림 10. VNFFGD TOSCA template exmaple ····· 18
그림 11. VNFFGD 예제 코드 (1/2) ····· 19
그림 12. VNFFGD 예제 코드 (2/2) ····· 19
그림 13. VNFFG 결과 예제 ····· 20
그림 14. chain-show 결과 예제 ····· 20
그림 15. classifier-show 결과 예제 ····· 21
그림 16. VNFFGD 특성 ····· 22
그림 17. VNFFGD REST Call ····· 22
그림 18. Single site vim ····· 23
그림 19. Multi site VIM ····· 24
그림 20. 모니터링 TOSCA 양식 ····· 25
그림 21. Moniroing기능을 위한 TOSCA 예제 ····· 25
그림 22 알람기반 모니터링 ····· 26
그림 23. 필요구성 요소 ····· 26
그림 24. EPA 배치기능을 위한 필요 Openstack 파일 ····· 27
그림 25. nova.conf ····· 27
그림 26. availability zone 생성 ····· 28
그림 27. 특정 가용성 영역을 위한 VNFD template ····· 28
그림 28. vnffg_db.py 소스코드 (1/3) ····· 31
그림 29 . vnffg_db.py 소스코드 (2/3) ····· 32
그림 30. vnffg_db.py 소스코드 (3/3) ····· 33
그림 31 . _create_vnffg_pre함수 소스코드 (1/2) ····· 34
그림 32. _create_vnffg_pre함수 소스코드 (2/2) ····· 35

그림 33. vnffg 데이터 예시 ····· 36
그림 34. _get_vnffg_property 함수 ····· 36
그림 35. VNFFGD 예시 ····· 37
그림 36. _get_vnf_mapping 함수 ····· 37
그림 37 VNFFG 구성 알고리즘 테스트 환경 ····· 38
그림 38. VNFFG 구성 알고리즘 테스트 시나리오 ····· 40
그림 39 VNFFG 인스턴스 생성 ····· 41
그림 40 VNFFG 인스턴스 생성 확인 ····· 42
그림 41 VNFFG Random 구성 알고리즘 확인 ····· 42
그림 42. ceilometer.conf 파일 소스코드 ····· 43

K-ONE #27. OpenStack Tacker 기반 VNFFG 미터링 프레임워크 개발 방안

1. VNF Forwarding Graph를 위한 오픈 소스 프로젝트

최근 네트워크가 다양한 서비스를 제공하면서 보안 유지나 성능 향상 등을 위해 Firewall, Deep Packet Inspection (DPI), Network Address Translation (NAT) 등과 같은 미들박스 (Middlebox), 즉 서비스 기능에 대한 의존성이 높아지고 있다. 또한, 특정 플로우 (flow)가 여러 네트워크 서비스 기능을 필요로 하는 경우에는, 서비스들이 해당 플로우에 대하여 논리적인 순서에 따라 적용될 수 있는 합리적인 방법이 필요하다. 즉, 여러 요구사항에 따라 통신 사업자의 목적과 정책에 맞추어 서비스 기능들을 하나의 논리적인 연결로 순서화하는 서비스 기능 체이닝 기술이 주목 받고 있으며, 이에 대한 구조 및 프로토콜 표준화, 실제 구현에 관련된 다양한 연구가 학계, 산업계를 불문하고 활발하게 이루어지고 있다.

이러한 서비스 기능 체이닝은 Software Defined Networking (SDN) 기술 및 Network Function Virtualization (NFV) 기술을 통하여 더욱 효과적이고 유연하게 제공될 수 있다. SDN은 기존 네트워크 장비의 제어 평면과 데이터 평면을 분리시켜 논리적으로 중앙 집중된 컨트롤러를 통해 네트워크 제어 기능을 제공한다. 따라서, SDN 기술을 통해 전체 네트워크 뷰를 유지하며, 요구 사항 및 가변적인 네트워크 상황에 따라 동적으로 서비스 기능 체인을 구성할 수 있다. 한편, NFV 기술이란 고가의 네트워크 장비에 대한 투자비용 (CAPEX) 및 운용비용 (OPEX) 문제를 해결하기 위하여, 다양한 네트워크 서비스 기능들을 범용의 표준 서버 하드웨어에서 실행될 수 있는 소프트웨어로 구현하여 운용하는 것을 의미한다. 관련 표준화 노력의 일환으로, 통신 분야 표준화 단체인 ETSI (European Telecommunications Standards Institute)는 전 세계 주요 통신사업자들과 NFV ISG (Industry Specification Group)을 출범하고, 활발한 표준화 활동을 진행하고 있다.

현재 오픈소스 커뮤니티 기반의 SDN 컨트롤러 개발 프로젝트인 OpenDaylight [1]에서는 서비스 체이닝을 제공하기 위하여, 하위 프로젝트로 SFC 프로젝트를 유지하며 활발한 개발을 진행 중에 있다. OpenDaylight SFC 프로젝트는 IETF SFC [2] 작업 그룹에서 제안한 SFC 구조를 기반으로 개발을 진행중에 있다. 또한, ETSI NFV ISG [3] 에서 제안한 NFV 구조를 기반으로 NFV 레퍼런스 플랫폼을 개발하고 있는 프로젝트인 OPNFV (Open Platform for NFV) [4] 에서도 하위 프로젝트로 SFC 프로젝트가 존재하며 서비스 체인이 기술 개발을 진행하고 있다. 한편, 기존의 OpenDaylight SFC 프로젝트에서는 OPNFV 플랫폼 상에서의 가상화된 네트워크 기능들 (즉, Virtual Network Function (VNF))에 대한 서비스 기능 체이닝을 고려하지 않고 있기 때문에, OPNFV SFC 프로젝트에서는 OpenDaylight SFC 프로젝트를 업스트림 프로젝트로 하여 추가적으로 필요한 인터페이스 및 기능들에 대한 정의 및 개발을 진행 중이다.

OpenStack은 클라우드 컴퓨팅 오픈 소스 프로젝트로, 2010년 미 항공우주국과 락스페이스사가 오픈스택을 설립하였고, 2012년 9월 비영리 단체인 오픈스택 파운데

이션 (OpenStack Foundation) 으로 다시 출범하게 되었다. 첫 번째 버전인 오스틴 (Austin) 을 시작으로, 2016년 10월 뉴튼 (Newton) 버전이 릴리즈되었다. 매 해 6개월 주기로 2번씩 새로운 버전이 릴리즈 되고 있다. OpenStack의 개념적인 구조는 아래 그림과 같다. 클라우드 컴퓨팅 시스템을 구축하기 위한 것으로, 크게 컴퓨트 서비스를 Nova로, 오브젝트 스토리지 서비스는 Swift, 운영체제 이미지 관리를 위한 서비스는 Glance로 구성되어 있다. 또한 위의 Nova, Swift, Glance와 같은 서비스들의 인증을 담당하는 Keystone, 서비스들을 쉽게 사용하기 위해 사용자들에게 대시보드를 제공하는 Horizon, 오케스트레이션 서비스르 제공하는 Heat, 미터링 서비스 Ceilometer도 OpenStack의 버전업에 따라 새롭게 서비스가 추가되었다. 다음 장에서 Kilo 버전부터 새롭게 추가된 Tacker 프로젝트와 Tacker 기반의 VNFFG 구성을 위한 미터링 프레임워크와 관련된 프로젝트인 Ceilometer 그리고 Gnocchi 프로젝트에 대해서 분석한다.

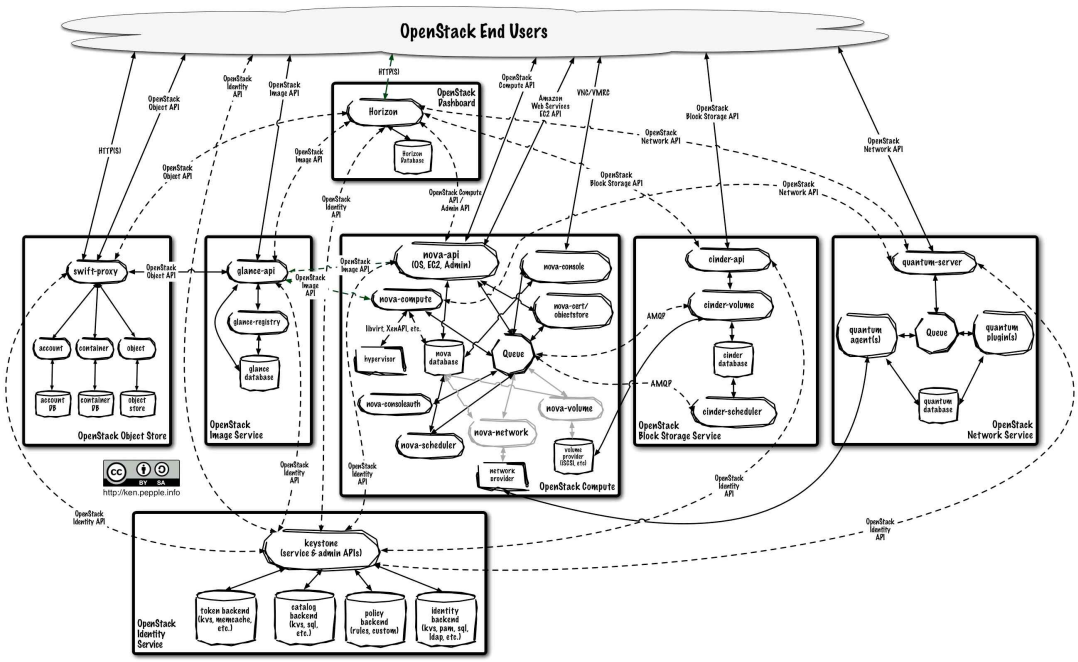


그림 1. OpenStack 개념적 구조

1.1. OpenStack Tacker 프로젝트

본 장에서는 OpenStack의 Kilo 버전부터 새롭게 추가된 Tacker 프로젝트에 대해 분석한다. Tacker 프로젝트는 NFV 환경에서 VNF를 관리하는 VNF Manager 기능과 NFV 서비스들을 관장하고 관리하는 NFV Orchestrator 기능을 지원하기 위한 프로젝트이다. 즉, Tacker 프로젝트에서 제공하는 기능은 아래 그림에서 빨간색 박스 부분이다. 가상화된 리소스를 바탕으로 VNF를 관리하고 구성하는 역할을 담당하는 VNFM과 NFV 환경에서 네트워크의 전체적인 조율 및 관리에 대한 기능을 수

행하는 NFVO로 구성된다. VNFM과 NFVO에서 VNF의 배치와 네트워크 서비스를 관리하는 데는 Network Service Descriptor (NSD)와 VNF 카탈로그에 저장되어 있는 Virtualized Network Function Descriptor (VNFD)를 기반으로 이루어진다.

Tacker의 구조는 아래 그림과 같다. VIM 부분의 VNF 생성을 위한 부분과 관리를 위한 드라이버 모니터링을 위한 드라이버가 존재하며, 현재 ping과 HTTPping 그리고 alarm-based monitoring이 있다. NFVO에서는 포워딩그래프와 네트워크 서비스 오케스트레이션, 다중 VIM 환경에서의 VNF 배치. 리소스 체크 및 할당 위한 VNFM으로 구성되어 있다. Tacker는 ETSI에서 논의되고 있는 기본 형태를 기반으로 제안하고 있기 때문에 특정 벤더에 종속되지 않고 멀티 벤더로부터 VNF를 배치하는 것이 가능하다.

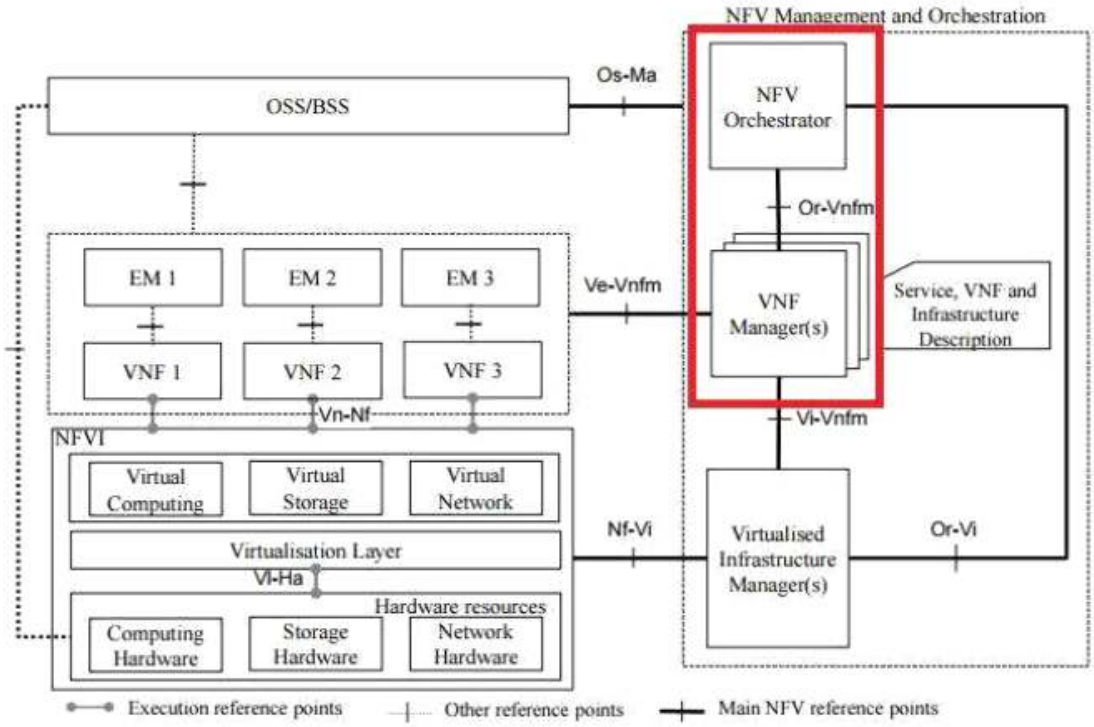


그림 2. OpenStack Tacker target 기능

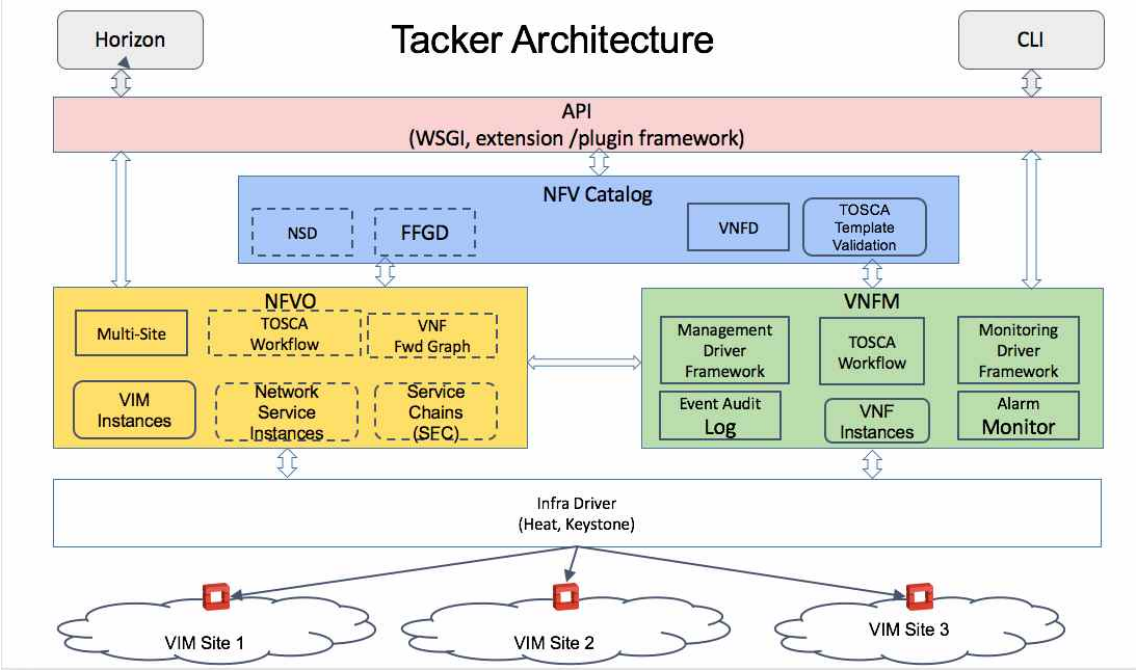


그림 3. Tacker의 구조

1.2. OpenStack Ceilometer 프로젝트

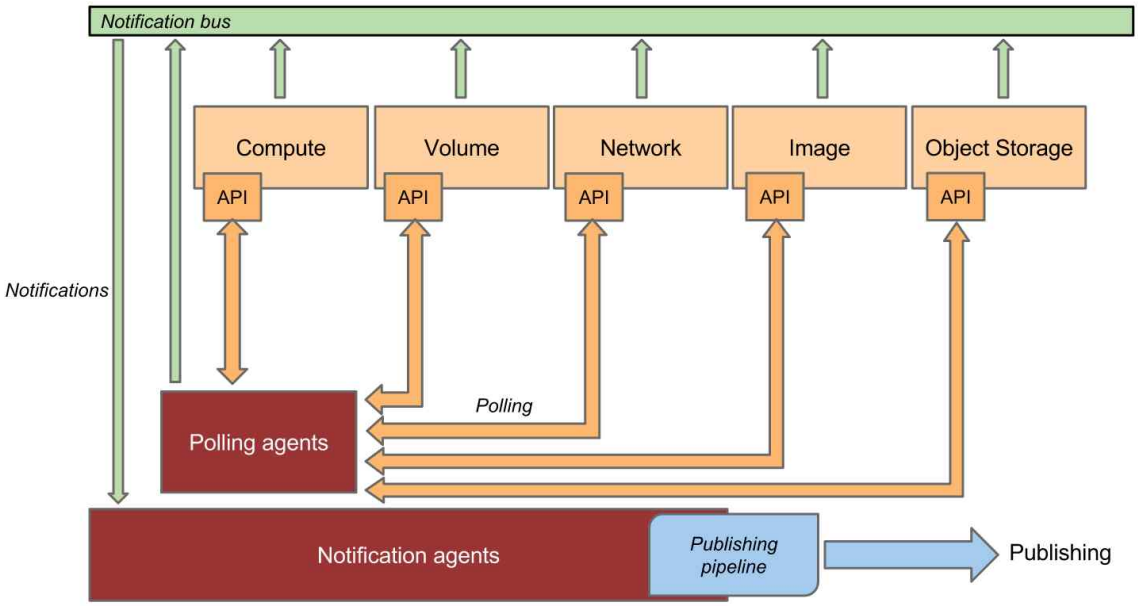


그림 4. Ceilometer 구조

본 장에서는 OpenStack에서 미터링 서비스를 담당하는 Ceilometer 프로젝트에 대해 분석한다. Ceilometer 프로젝트는 이후의 OpenStack 구성 요소를 지원하기 위해

현재의 모든 OpenStack 구성 프로젝트에서 데이터를 정규화하고 변환하는 기능을 제공하는 것을 타겟으로 하는 데이터 수집 서비스이다. 이 데이터는 모든 OpenStack 핵심 구성 요소에 대해 비용 청구, 리소스 트래킹 및 알람 기능을 제공하는 데 사용할 수 있다.

위의 그림은 Ceilometer의 구조이다. 각 구성요소의 역할로는 다음과 같다. polling agent는 OpenStack 서비스들을 폴링하고 Meter를 빌드하는 기능을 수행한다. notification agent는 메시지 큐로부터 notifications을 듣고 있다가 notification이 오면 이를 이벤트와 샘플로 변환시켜주는 기능을 수행하고 이에 대한 데이터는 미리 정의된 특정 타겟으로 publish된다. 현재 디폴트로는 gnocchi 프로젝트로 push된다. 다음으로 collector daemon은 이벤트와 미터링 데이터를 모으고 이를 기록하는 기능을 수행한다. api service는 collector service로부터 기록된 데이터를 보고 query를 하는 기능을 수행한다. 마지막으로, alarming은 특정 기준을 갖고 그 기준에 따라 알람을 하는 기능을 수행한다. 즉, Ceilometer가 제공하는 기능으로는 크게 3가지로, OpenStack 서비스들과 연관된 데이터를 효율적으로 미터링, 서비스들로부터 보내진 모니터링 알림을 통해 미터링 데이터와 이벤트를 수집하는 것, 그리고 메시지 큐와 데이터 스토어를 포함한 여러 타겟으로 수집된 데이터를 publish하는 것이다. Ceilometer로부터 작성된 데이터는 publisher를 사용하여 원하는 타겟들로 푸시 할 수 있다. 이 경우, 사용하지 않는 데이터 미터링으로 인해 데이터 베이스가 비효율적으로 사용되는 것을 방지하기 위해, 사용하고자 하는 특정 데이터만 선택하여 미터링하는 것이 권장된다.

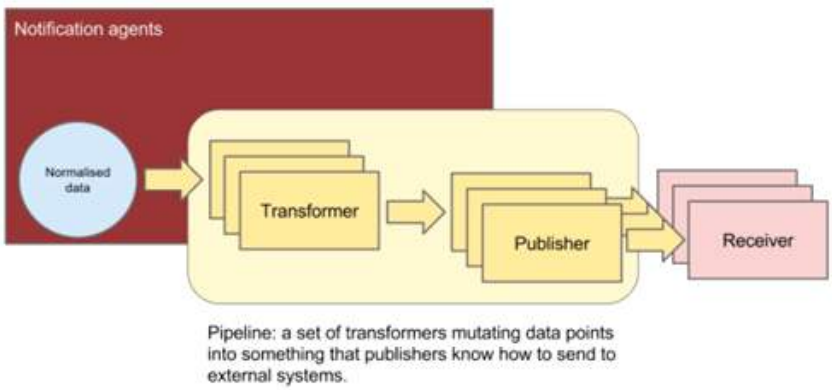


그림 5. Ceilometer의 데이터 처리 기능

현재 Ceilometer 프로젝트에서 지원되는 미터링 데이터는 대표적으로 memory, memory.usage, memory.resident, cpu, cpu.delta, cpu.util 등이 있다. 그리고 버전마다 지원되는 데이터가 추가되고 있다.

1.3. OpenStack Gnocchi 프로젝트

Gnocchi 프로젝트는 Ceilometer 프로젝트와 직접적으로 연관되어 개발되는 오픈소스 프로젝트로, 멀티 테넌트를 지원하는 서비스로서의 time series 데이터베이스이다. Gnocchi 프로젝트가 개발되는 motivation은 다음과 같다. Ceilometer 프로젝트의 초기 목표는 수집된 time-series 데이터를 저장하는 것이었고, 프로젝트의 초기 단계에서 이 time-series 데이터가 무엇을 어떻게 처리하고 조작하고 query하는지 명확하지 않았기 때문에 Ceilometer에서 사용되는 데이터 모델은 매우 유연하였다. 하지만 performance 측면에서는 결과가 좋지 않았다. 즉, 몇 주 동안 많은 양의 메트릭을 저장하기 위해서는 데이터 저장소 백엔드에 문제가 발생하였다. 이를 방지하기 위해서, Ceilometer가 생성하고 저장해야하는 데이터 및 측정 항목의 양을 고려할 때 새로운 방법이 필요했고, 이에 대한 solution이 Gnocchi 프로젝트이다.
Ceilometer에서 지원되는 publisher로는 7가지로, Gnocchi, notifier, udp, http, kafka, file, database 가 있다. 현재 Ceilometer의 디폴트 publisher로 Gnocchi가 설정되어 있다. Gnocchi는 데이터를 생성하고 조작하기 위해 HTTP REST 인터페이스를 제공한다. 따라서 Gnocchi를 실행하기 위해서는 HTTP 서버와 metric daemon이 요구된다. Gnocchi에서 archive policy는 metric을 수집하는 방법과 데이터의 lifetime을 정의한다. 즉, Gnocchi는 metric 객체 유형을 제공하고, metric은 측정 할 수 있는 모든 것(e.g., 서버의 cpu 사용양)을 지정한다. 또한 수많은 resource type 중에서 속성 value 기반의 필터링을 통해 특정 resource type을 찾아낼 수 있다.

2. OpenStack Tacker의 기능

2.1. VNF Manager

Tacker 프로젝트는 NFV Orchestration 기능을 타겟으로 한 프로젝트로 대표적으로 VNF manager 기능이 있다. VNF manager의 기능은 다음과 같다. OpenStack과 같은 VIM 위에서 VNF의 lifetime을 관리한다. 즉, VNF의 생성 및 삭제, 모니터링, 스케일링을 통해 전반적으로 VNF를 관리한다. VNF를 배치하는 과정은 다음과 같다. Tacker 프로젝트는 template 기반으로 VNF를 생성 및 관리하기 때문에, Horizon 혹은 Command line을 통해 Tacker VNFD catalog에 TOSCA VNFD template을 온보딩 시켜야 한다. VNFD에는 기본적으로 VNFD의 id, 기본정보, vdu 정보, virtual link 정보, 모니터링 및 오토 스케일링 관련 파라미터 등이 포함되어 있다. 이를 통해, VNF의 생성뿐만 아니라, 생성이후에 필요한 관리 기능에 대하 정의 및 모니터링 이후의 액션에 대한 정의도 포함되어 있어 유용하다.

VNFD template을 온보딩하는 명령어는 다음과 같다.

```
tacker vnfd-create --vnfd-file <yaml file path> <VNFD-NAME>
```

VNFD template 의 간단한 예제로 다음과 같다. 아래 코드는 http monitoing 기능을 하는 VNFD template이다. VNFD template을 온보딩 시킨 후 VNF를 deploy 시키는 방법은 두가지로 다음과 같다.

1. Tacker에서 가장 일반적으로 쓰이는 방법으로 Tacker Catalog에 온보딩되어 있는 VNFD template을 이용하여 VNF를 생성한다. 이 방법을 통해 VNF를 생성시키는 명령어는 다음과 같다.

```
tacker vnf-create --vnfd-name <VNFD-FILE-NAME> <VNF-NAME>
```

즉, 미리 온보딩 되어있는 VNFD template을 이용하여 VNF를 생성한다.

2. TOSCA template으로 Tacker Catalog에 온보딩 시키지 않고 직접적으로 VNF를 생성한다. 이 방법은 NFV Catalog가 Tacker에 밖에 위치하여 Tacker가 단지 NFV workflow engine으로만 사용될 때 주로 쓰이는 방법이다. 이 방법을 통해 VNF를 생성하는 명령어는 다음과 같다.

```
tacker vnf-create --vnfd-template <VNFD-FILE-NAME> <VNF-NAME>
```

즉, VNF를 생성할 때 참조할 VNFD template을 NFV Catalog에서 직접 가져온다.

현재 VNF Manager에 구현되어 있는 명령어는 다음과 같다.

vnfd-list는 tacker의 Catalog에 온보딩 되어있는 vnfd의 리스트를 나타낸다. Onboarding 되어있지 않고 직접 VNF를 생성하는 데 사용된 VNFD list를 보기 위해서는 '–template-source all'flag를 사용하여야 한다.

다음으로, VNFM의 상태를 나타내는 명령어로는 vim-list, vnf-list, vnf-show, vnfd-show가 있다. 그리고 생성된 VNF 및 VNFD를 제거할 수 있고 command는 다음과 같다.

```
tacker vnf-delete <VNF_ID/NAME>
tacker vnfd-delete <VNFD_ID/NAME>
```

2.2. VNFFG Manager

VNFFG Manager는 Tacker project에 새롭게 추가된 기능이다. NFV 진영에서는 단순히 VNF를 생성하고 관리하는 단계를 넘어, 생성된 VNF를 SFC 기술을 이용하

```
tosca_definitions_version: tosca_simple_profile_for_nfv_1_0_0

description: Demo example

metadata:
  template_name: sample-tosca-vnfd

topology_template:
  node_templates:
    VDU1:
      type: tosca.nodes.nfv.VDU.Tacker
      capabilities:
        nfv_compute:
          properties:
            num_cpus: 1
            mem_size: 2 GB
            disk_size: 20 GB
      properties:
        image: ubuntu
        availability_zone: nova
        mgmt_driver: noop
        config: |
          param0: key1
          param1: key2
        monitoring_policy:
          name: http_ping
          parameters:
            retry: 5
            timeout: 10
            port: 8000
          actions:
            failure: respawn

    CP1:
      type: tosca.nodes.nfv.CP.Tacker
      properties:
        management: true
        order: 0
        anti_spoofing_protection: false
      requirements:
```

그림 6. http monitoring VNFD template (1/2)

여 플로우의 요구사항에 따라 VNF를 논리적으로 연결하여 그래프를 구성하는 단계까지를 필요로 한다. 최종적으로, 단순히 논리적이고 추상적으로 구성된 그래프를 오버레이 네트워크 아래의 물리적인 네트워크에 실질적으로 렌더링하는 것이다.

현재 Tacker project에서는 단일 경로의 SFC만 지원 가능한 상태이다. 이 문제를 해결하기 위해서, 다중 경로 그래프를 여러 개의 단일 경로 SFC로 파싱하여 더 확

```
    CP2:
      type: tosca.nodes.nfv.CP.Tacker
      properties:
        order: 1
        anti_spoofing_protection: false
      requirements:
        - virtualLink:
            node: VL2
        - virtualBinding:
            node: VDU1

    CP3:
      type: tosca.nodes.nfv.CP.Tacker
      properties:
        order: 2
        anti_spoofing_protection: false
      requirements:
        - virtualLink:
            node: VL3
        - virtualBinding:
            node: VDU1

    VL1:
      type: tosca.nodes.nfv.VL
      properties:
        network_name: net_mgmt
        vendor: Tacker

    VL2:
      type: tosca.nodes.nfv.VL
      properties:
        network_name: net0
        vendor: Tacker

    VL3:
      type: tosca.nodes.nfv.VL
      properties:
        network_name: net1
        vendor: Tacker
```

그림 7. http monitoring VNFD template (2/2)

장된 VNFFG를 생성할 수 있도록 한다. 이 feature는 체인 최적화 문제로 고려할 사항이 많아서 다음 버전에서 다루어질 것이다.

이 기능은 Tacker project에서 새롭게 추가되었기 때문에, Tacker Client, Horizon에도 추가된 기능에 맞게 추가되는 부분이 있다. 수정되는 부분은 다음과 같다.

1. tacker-horizon에 VNFFG 탭이 추가되었다. 이 탭을 통해서 미리 생성된 VNF를 이용하여 그래프를 생성할 수 있다. 이 부분은 TOSCA VNFFGD를 이용한다.
2. tacker client에서 tacker server에 CRUD VNFFG call을 통과하도록 하여야 한다.
3. tacker server는 NFVO 확장 부분과 VNFFG 기능과 자원을 통합하기 위한 플러그인 부분의 업데이트가 필요하다.
4. VNFFG를 위한 드라이버가 필요하다. 현재 SFC를 생성하기 위한 드라이버로는 뉴트론 기반의 networking-sfc와 OpenDaylight SFC가 있다. 이후에 VNFFG 플러그인을 지원할 드라이버는 networking-sfc 드라이버가 될 것이다. OpenDaylight SFC 드라이버는 networking-sfc의 별도의 spec으로 networking-sfc로의 드라이버로 처리될 것이다. 구조는 아래 그림과 같다.

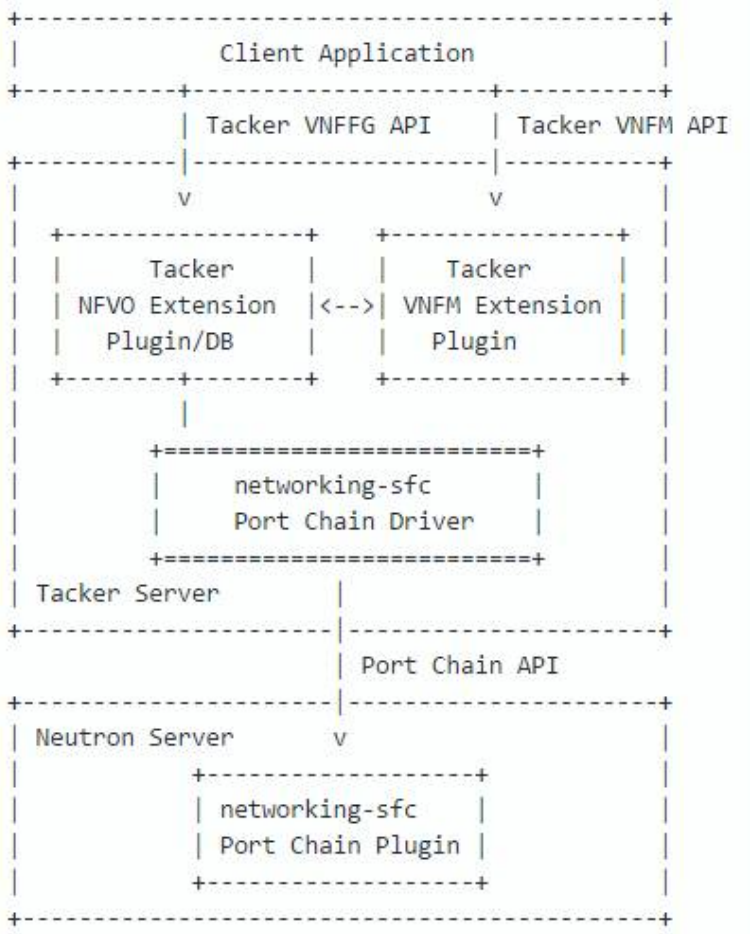


그림 8. networking-sfc 드라이버가 추가된 tacker 구조

데이터 모델에서 추가되는 부분은 다음과 같다. 'vnffgd', 'vnffgd_nfp', 'vnffg', 'vnffg_nfp', 'vnffg_chain','vnffg_classifier' 테이블들의 생성이 추가된다. 각 테이블의 기능을 간단히 설명하면 다음과 같다. 'vnffgd'테이블은 VNFFG 인스턴스 생성 관련 속성과 'vnffg_nfp' 테이블에 저장된 관련 NFP 및 'vnffg_chain'및 'vnffg_classifier' 테이블에서 생성 된 연관된 SFC 및 분류 자에 대한 참조를 갖는다.

또한 VNFD template은 VNFM에서 아래 코드와 같이, TOSCA 속성을 추가해야 한다. 아래의 속성은 VNFFG가 SFC provider에게 VNF가 Network Service Header (NSH) 를 지원하는지 그리고 패킷을 전송할 때, 어떤 encapsulation을 사용하는지에 대해 나타낼 수 있다. 여기서, NSH는 홉 단위로 SFC 홉에 대한 정보를 전달하는 IETF 프로토콜이다. 즉, NSH 헤더를 이용하여 체인을 통과하는 각 패킷에 추가되고 해당 체인에 대한 속성을 보유하여 패킷이 체인의 다음 VNF에 도착하면 VNF는 패킷이 속한 체인을 결정할 수 있고 패킷이 이전에 몇 개의 노드들을 통과하였는지에 대해 알 수 있다.

```
tosca.nodes.nfv.VNF:
  properties:
    nsh_aware:
      type: boolean
      required: false
      description: Does this VNF support IETF NSH

tosca.nodes.nfv.CP:
  properties:
    sfc_encapsulation:
      type: string
      required: false
      description: Identifies the method of encapsulation for NSH/SFC
      constraints:
        - [vxlan_gpe, ethernet, mpls]
```

그림 9. VNFM NSH TOSCA template

다음으로, REST API의 변화 부분은 다음과 같다. VNFFG를 생성하기 위해서는 VNFFGD가 생성되어야 한다. VNFFGD를 생성하는 방법은 TOSCA template scheme을 따른다. 포맷은 그룹에 정의되어 있는 하나 혹은 그 이상의 VNFFG가 요구된다.

VNFFG의 생성의 기본적인 방법은 미리 생성된 VNFFGD를 인스턴스화하여 수행된다. VNFFG 생성의 기본 동작은 추상화된 VNF type을 선택하는 것이다. VNFFGD에는 경로에 사용 된 forwarder 리스트를 포함하는 하나 이상의 Network Forwarding Path (NFP) 가 존재한다. VNFFG 생성시 NFVO 플러그인은 VNFM을

쿼리하여 각 NFP에 해당하는 VNFD에서 존재하는 사용 가능한 VNF 인스턴스를 찾는다. 현재는 VNFD에 둘 이상의 같은 type의 VNF가 존재할 경우 어떤 VNF를 사용할 지는 랜덤하게 선택된다. VNF는 다중 경로로는 선택 될 수 있지만 여러 VNFFG에 중복되게는 선택되지 못한다. 그리고 '--vnf-mapping'를 이용하여 그래프에서 사용할 VNFM을 통해 이미 생성 된 VNF 인스턴스를 지정하는 기능을 수행할 수 있다. 이것은 <VNFD>:<VNF Instance ID/NAME>로 맵핑이 된다. 예를 들어, 아래 VNFFGD TOSCA template 예제 코드를 보면 "Forwarding_path1"을 사용하는 경우 VNF1 및 VNF3 VNFD가 포함된다. 따라서 해당 VNFD, VNF1Test 및 VNF3Test에서 인스턴스가 두 개 이상 생성 된 경우 해당 VNF 인스턴스를 구체적으로 사용하도록 NFVO에 알리기 위해 '--vnf-mapping VNF1 : VNF1Test, VNF3 : VNF3Test' 로 맵핑이 된다.

가상 포트에 맵핑되어야 하는 요구 사항으로 CP는 특정 forwarder에 대해 VNFD에 정의되어야한다. CP는 체인의 일부로 '포워딩'기능을 갖는 것으로 정의되어야 한다. VNFD의 논리적 CP는 VNF 인스턴스의 neutron 포트로 맵핑되고, VNFFG는 주어진 CP에 대한 neutron port id를 얻기 위해, VNFM에게 query한다. 그리고 VNFM은 Heeat 드라이버를 호출하여 정보를 찾고, 이것은 VNFM에 새롭게 구현되어야 할 기능이다. 추가적으로, '--symmetrical'를 이용하여 VNFFG에서 대상으로 나열된 경로에 대해 역방향 경로를 자동으로 구성할 수 있다. 다른 방법으로, VNFFGD에서도 정의 될 수 있지만, 편의상 '--symmetrical'을 통해 구성한다.

VNFFG의 사용법은 다음과 같다. 먼저 Tacker를 이용하여 VNFFG를 생성하기 위해서는 networking-sfc 프로젝트를 설치하여야 한다. OpenStack에서 VNFFG는 SFC와 Classifier를 생성하기 위해 Neutron networking-sfc를 이용하기 때문이다. VNFFG의 생성법은 VNFD를 통해 VNF를 생성하는 것과 비슷하다. VNFFGD를 이용하여 VNFFG를 생성한다. 즉, VNFFGD를 생성한 후, Tacker 명령어를 이용하여 VNFFG를 생성한다. VNFFG에 대한 명령어는 다음과 같다.

VNFFGD를 생성하기 위한 명령어는 다음과 같다. VNFFGD를 생성하기 위해서는 VNFFGD에 리스트업 되어 있는 VNFD type에 대해 VNF 인스턴스가 생성되어 있어야 한다.

```
tacker vnffgd-create --vnffgd-file <vnffgd file> <vnffgd name>
```

VNFFGD의 예제코드는 아래 그림과 같다.

VNFFG를 생성하는 명령어는 다음과 같다. 미리 인스턴스화 되어 있는 vnffgd를 이용하여 VNFFG를 생성하는 것이다.

```
Forwarding_path1:
  type: tosca.nodes.nfv.FP
  id: 51
  description: creates path (CP11->CP12->CP32)
  properties:
    policy:
      type: ACL
      criteria:
        - neutron_net_name: tenant1_net
        - dest_port_range: 80-1024
        - ip_proto: tcp
        - ip_dest: 192.168.1.2
  requirements:
    - forwarder: VNF1
      capability: CP11
    - forwarder: VNF1
      capability: CP12
    - forwarder: VNF3
      capability: CP32

groups:
  VNFFG1:
    type: tosca.groups.nfv.VNFFG
    description: HTTP to Corporate Net
    properties:
      vendor: tacker
      version: 1.0
      number_of_endpoints: 5
      dependent_virtual_link: [VL1,VL2,VL3]
      connection_point: [CP11,CP12,CP32]
      constituent_vnfs: [VNF1,VNF3]
    members: [Forwarding_path1]
```

그림 10. VNFFGD TOSCA template exmaple

```
tacker vnffg-create --vnffgd-name <vnffgd name> \
        --vnf-mapping <vnf mapping> --symmetrical <boolean>
```

```
tacker vnffg-create --vnffgd-name <vnffgd name> \
  --param-file <param file> --vnf-mapping <vnf mapping> \
  --symmetrical <boolean>
```

VNFFG를 나타내는 명령어는 다음과 같다. 이 명령어를 통해 나온 결과의 예제는 아래 그림과 같다.

```
tosca_definitions_version: tosca_simple_profile_for_nfv_1_0_0

description: Sample VNFFG template

topology_template:
  description: Sample VNFFG template

  node_templates:

    Forwarding_path1:
      type: tosca.nodes.nfv.FP.Tacker
      description: creates path (CP12->CP22)
      properties:
        id: 51
        policy:
          type: ACL
          criteria:
            - network_src_port_id: 640dfd77-c92b-45a3-b8fc-22712de480e1
            - destination_port_range: 80-1024
            - ip_proto: 6
            - ip_dst_prefix: 192.168.1.2/24
        path:
          - forwarder: VNFD1
            capability: CP12
          - forwarder: VNFD2
            capability: CP22
```

그림 11. VNFFGD 예제 코드 (1/2)

```
  groups:
    VNFFG1:
      type: tosca.groups.nfv.VNFFG
      description: HTTP to Corporate Net
      properties:
        vendor: tacker
        version: 1.0
        number_of_endpoints: 5
        dependent_virtual_link: [VL12,VL22]
        connection_point: [CP12,CP22]
        constituent_vnfs: [VNFD1,VNFD2]
      members: [Forwarding_path1]
```

그림 12. VNFFGD 예제 코드 (2/2)

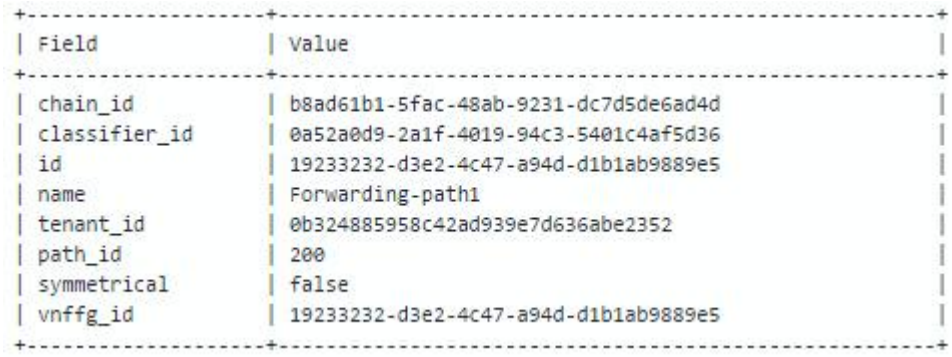
tacker vnffg-show <vnffg name>

Field	Value
forwarding_paths	Forwarding_path1
id	19233232-d3e2-4c47-a94d-d1b1ab9889e5
name	myvnffg
tenant_id	0b324885958c42ad939e7d636abe2352
vnffgd_id	5279690a-2153-11e6-b67b-9e71128cae77
vnf_mapping	[{VNFD1:testVNF1}, {VNFD2:testVNF2}]
status	ACTIVE

그림 13. VNFFG 결과 예제

생성된 체인을 보는 명령어는 다음과 같다. 이를 통해 나타나는 특성들은 아래 그림과 같다.

```
tacker chain-show <chain id>
```



Field	Value
chain_id	b8ad61b1-5fac-48ab-9231-dc7d5de6ad4d
classifier_id	0a52a0d9-2a1f-4019-94c3-5401c4af5d36
id	19233232-d3e2-4c47-a94d-d1b1ab9889e5
name	Forwarding-path1
tenant_id	0b324885958c42ad939e7d636abe2352
path_id	200
symmetrical	false
vnffg_id	19233232-d3e2-4c47-a94d-d1b1ab9889e5

그림 14. chain-show 결과 예제

Classifier 자체를 나타내는 명령어는 다음과 같다. 이를 통해 나타나는 특성들에 대한 예제는 아래 그림과 같다.

```
tacker classifier-show <classifier id>
```

Field	Value
acl_match_criteria	{"source_port": 2005, "protocol": 6, "dest_port": 80}
chain_id	b8ad61b1-5fac-48ab-9231-dc7d5de6ad4d
id	0a52a0d9-2a1f-4019-94c3-5401c4af5d36
nfp_id	19233232-d3e2-4c47-a94d-d1b1ab9889e5
status	PENDING_CREATE
tenant_id	0b324885958c42ad939e7d636abe2352

그림 15. classifier-show 결과 예제

VNFFGD에 정의되어 있는 특성들은 아래 그림과 같다. 즉, id, name, VNFFGD에 대한 설명이 나타나 있는 description, VNFFGD template이 나타나 있는 attributes 그리고 VNFFGD를 실행할 프로젝트 id인 tenant_id로 구성되어 있다.

Attribute Name	Type	Access	Default Value	Validation/ Conversion	Description
id	string (UUID)	RO, All	generated	N/A	identity
name	string	RW, All	None (required)	string	human+readable name
description	string	RW, All	''	string	description of VNFFGD
attributes	dict	RW, All	None	template/ dict	VNFFGD template
tenant_id	string	RW, All	None (required)	string	project id to launch VNFFGD

그림 16. VNFFGD 특성

VNFFGD에 대한 REST call은 아래 그림과 같다. VNFFGD를 생성하고 삭제하는 create_vnffgd, delete_vnffgd와 특정 VNFFG id를 return하는 show_vnffgd 그리고 VNFFGD의 리스트를 나타내는 list_vnffgds가 있다.

REST Calls	Type	Expected Response	Body Data Schema	Description
create_vnffgd	post	200 OK	schema 1	Creates VNFFGD
delete_vnffgd	delete	200 OK	None	Deletes VNFFG by name or ID
show_vnffgd	get	200 OK	None	Returns output of specific VNFFG ID, including associated chains and classifiers
list_vnffgds	get	200 OK	None	Returns list of configured VNFFGD Names/IDs

그림 17. VNFFGD REST Call

2.3. Multi-site VIM

Liberty 버전까지는 아래 그림과 같이 Tacker 서버에서는 하나의 VIM만 관리 가능하였으며, 해당 VIM을 통해서 VNF를 배포 할 수 있었다. 하지만, Mitaka 버전부터는 Multisite VIM 기능이 추가 되면서, 여러 사이트에 존재하는 VIM을 Tacker 서버에서 동시에 제어 및 관리가 가능하게 되었다.

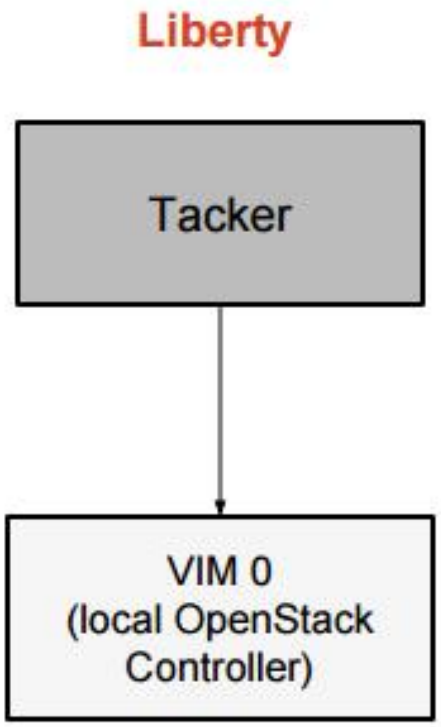


그림 18. Single site vim

Multi-site VIM은 NFV Orchestrator의 기능으로 추가 되었으며, 해당 기능을 통해 아래 그림과 같이 하나의 Tacker 서버가 여러 사이트 내에 존재하는 VIM을 제어 / 관리 한다. 예를 들어, Tacker 서버가 Site 1, Site 2에 VNF1과 VNF2를 각각 배포하려고 할 때, Multi-site VIM 기능을 통해 각 사이트로 VNF들을 배포한다. 또한, 각 사이트들의 Openstack의 버전과 무관하게 Tacker 서버에서 통합적으로 관리 가능하다.

본 내용에서는 Multi-site VIM의 스팩 문서를 통해 구조를 알아보고, 해당 기능의 사용법에 대해 분석한다. 스팩 문서와 사용법은 [MV-S]과 [MV-U]를 참고 하였다.

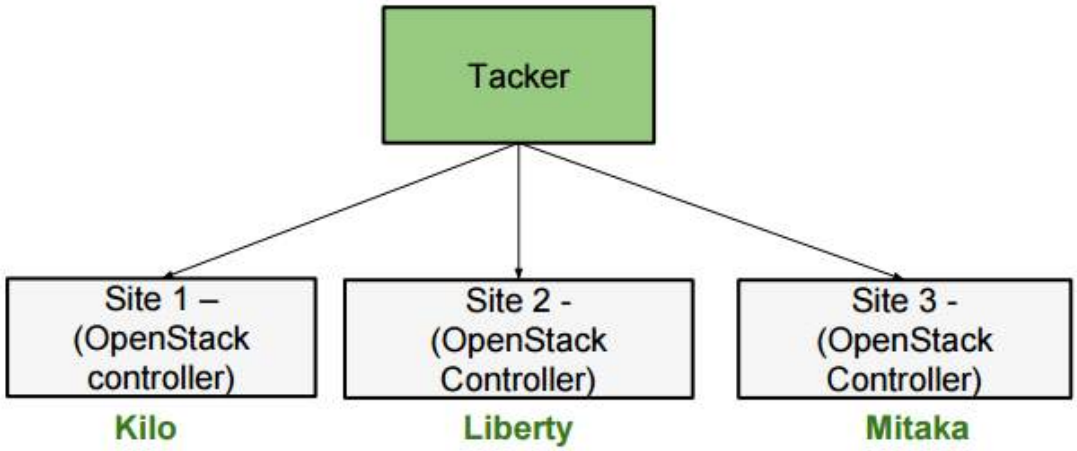


그림 19. Multi site VIM

2.4. Tacker Monitoring Framework

Monitoring Framework for VNF Manager는 liberty버전에 제안된 기능이다. 제안된 기능을 통해 Tacker 서버에서는 VNF 관리를 위한 모니터링 기능을 제공한다. 또한, liberty이전에 제공되던 ping을 통해 단순히 VNF 인스턴스의 생존 유무확인 뿐만 아니라 더 복잡한 모니터링 기능 추가확정을 목표로 하고 있다.

Monitoring Framework을 구현하기 위해 변경사항은 다음과 같다. 기존의 관리 및 인프라 드라이버 (Management and Infrastructure Driver)와 유사한 드라이버 모델을 통해, 간단한 모니터링과 외부 모니터링 기능 수행을 통해 모니터링 기능이 향상된다. 따라서, 기존의 관리 드라이버를 복제하여 모니터링 기능을 모듈화 함으로써, 모니터링 방법을 쉽게 추가 시킬 수 있다. 해당 방식을 구현하기 위해, tacker/vm/drivers내에 mon_driver을 생성하고, 기존의 ping 모니터링 기능을 새 모듈화된 드라이버로 이동시킨다. 비록 기존의 모니터링 프레임워크를 구조적 변경 없이 모니터링기능을 추가함으로써 확장시킬 수 있지만, 제안한 드라이버를 사용하면 OpenStack에 존재하는 Monasca나 Ceilometer와 같은 모니터링 프로젝트를 쉽게 추가 할 수 있다.

이러한 모니터링 기능은 VNF 별로 정의가능하다. Tacker 서버에서 VNF생성 할 때 참조하는, VNFD를 통해 정의 할 수 있다. 모니터링 기능이 정의된 TOSCA 양식은 아래와 같다.

```
vduN:
  monitoring_policy:
    <monitoring-driver-name>:
      monitoring_params:
        <param-name>: <param-value>
        ...
      actions:
        <event>: <action-name>
        ...
    ...
```

그림 20. 모니터링 TOSCA 양식

드라이버는 monirot_drivers 디렉토리 구조에 존재해야하며, 불러올 수 있는 클래스여야 한다. 또한, setup.cfg 파일이 존재해야하며, 해당 파일은 Tacker 서버가 초기화 될 시 읽어져야 한다. 뿐만 아니라, 모니터링 쓰레드는 기본값이 30초로 지정된 global boot_wait configured time이후에 VNF와 VDU를 모니터링 하며, 드라이버는 기본값이 10초로 설정된 check_intvl interval time 간격으로 호출되어 모니터링을 수행한다. 사용되어지는 boot_wait 지연시간과 check_intvl 주기는 향후에 template으로 설정 가능하게 변경 될 예정이다.

```
vdu1:
  monitoring_policy:
    ping:
      actions:
        failure: respawn

vdu2:
  monitoring_policy:
    http-ping:
      monitoring_params:
        port: 8080
        url: ping.cgi
      actions:
        failure: respawn

    acme_scaling_driver:
      monitoring_params:
        resource: cpu
        threshold: 10000
      actions:
        max_foo_reached: scale_up
        min_foo_reached: scale_down
```

그림 21. 모니터링 기능을 위한 TOSCA 예제

2.4.1 Alarm-based monitoring driver to Tacker

기존의 존재하는 모니터링 모듈을 사용하여, Tacker 서버에서 모니터링 기능을 지

원하기 위한 알람기반의 모니터링 드라이버가 구현되었다. 아래의 그림은 알람기반의 모니터링 구조를 나타낸다. 기존의 OpenStack에서 모니터링 기능을 제공하는 Ceilometer나 Monasca 혹은 Custom 모니터링 기능을 통해 Tacker 서버에서 VNF를 모니터링 한다.

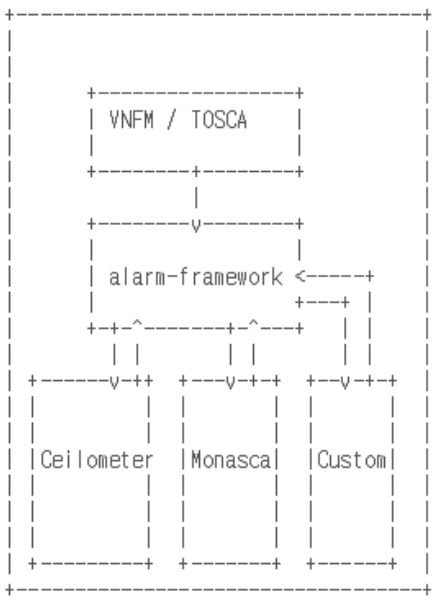


그림 22 알람기반 모니터링

2.5. Enhanced Placement Awareness

OpenStack Tacker에서는 NUMA 토폴로지, SR-IOV, Huge pages, 그리고 CPU-Pining 등과 같이 컴퓨트 노드의 기능을 활용하는 VNF의 요구 사항을 지원하는 TOSCA VNFD template을 사용한다. VNFD template을 이용하여 성능이 높고 대기 시간이 잛은 VNF의 Enhanced Platform Awareness (EPA) 배치를 가능하게 한다. 컴퓨트 노드는 고성능 VNF 배포를 위한 EPA 배치를 지원하기 위해 BIOS, Hypervisor 및 OpenStack에서 구성해야한다. 아래 표는 BIOS, Hypervisor 및 OpenStack의 다양한 기능에 필요한 구성을 나타낸다.

	BIOS	Hypervisor	OpenStack
NUMA Topology	X		X
SR-IOV	X	X	X
HyperThreading	X		
Huge Pages		X	
CPU Pinning		X	X

그림 23. 필요구성 요소

참고 : BIOS에서 NUMA 토폴로지, SR-IOV 및 하이퍼 스레딩을 활성화하려면 서버 및 NIC

공급 업체의 구성 안내서를 참조. 또한 Hypervisor 토폴로지가 지원되는지 확인하려면 Hypervisor 설명서를 확인.

우분투 내의 /etc/default/grub에 snippet 파일은 아래와 같은 기능을 하게 한다.
- VM들이 사용하고 있는 커널 프로세스로부터 CPU isolation (isolcpus 참조)
- 대용량 메모리 페이지 예약 (default_hugepagesz, hugepagesz and hugepages 참조)
- SR-IOV 가상 기능 활성화 (intel_iommu 참조)

```
GRUB_CMDLINE_LINUX_DEFAULT="quiet splash isolcpus=8-19
default_hugepagesz=1G hugepagesz=1G hugepages=24"
GRUB_CMDLINE_LINUX="intel_iommu=on"
```

중요 : 위의 내용은 서버의 하이퍼바이저 및 하드웨어 아키텍처에 따라 다를 수 있으니, Hypervisor 설명서를 참조.

아래의 테이블은 컴퓨트 노드에서 EPA 배치기능을 활성화하기 위해 필요한 OpenStack 파일들을 나타낸다.

	nova.conf	ml2_conf.ini	ml2_conf_sriov.ini
NUMA Topology	X		
SR-IOV	X	X	X
CPU Pinning	X		

그림 24 . EPA 배치기능을 위한 필요 Openstack 파일

컴퓨트 노드에서 NUMA 토폴로지 기능을 활성화하기 위해서는 nova.conf파일의 scheduler_default_filters에 NUMATopologyFilter를 추가해야한다. 반면에, SR-IOV 기능을 화성화하기 위해서는 컴퓨트 노드 뿐만 아니라 컨트롤 노드에서도 설정을 해야한다. 해당 SR-IOV를 설정하기 위한 과정은 다음 링크를 통해 확인 할 수 있다. http://docs.openstack.org/networking-guide/config-sriov.html

CPU pinning 기능은 컴퓨트 노드에서 nova.conf 구성을 통해 활성화된다. 아래의 항목과 같이 nova.conf를 구성한다.

```
[DEFAULT]
vcpu_pin_set = 8-19
cpu_allocation_ratio = 1.0
[libvirt]
virt_type = kvm
```

그림 25 . nova.conf

- 컴퓨트 노드를 통한 availability zone 생성

고성능 VNF 배포를 위해 컴퓨트 노드가 준비 된 후에 다음과정은 availability

zone 생성이다. 해당 과정에서는 VNF 배포를 위해 식별 된 컴퓨트 노드에서 'aggregate-list'와 availability zone을 생성한다. 아래 명령은 aggregate-list와 availability zone 그리고 컴퓨트 노드 추가하는 예사를 보여준다.

```
openstack aggregate create --zone NFV-AZ NFV-AGG

openstack aggregate add host NFV-AGG <NFV_HOST1>

openstack aggregate add host NFV-AGG <NFV_HOST2>
```

그림 26. availability zone 생성

- Specifying Availability Zone for VDU in VNFD template

아래 VNFD 템프릿의 snippet을 나타낸다. 해당 snippet은 availability_zone 등록 정보를 사용하여 VDU 등록 정보의 일부로 작성된 EPA 가용 영역을 지정한다.

```
vdu1:
  type: tosca.nodes.nfv.VDU.Tacker
  capabilities:
    nfv_compute:
      properties:
        disk_size: 10 GB
        mem_size: 2048 MB
        num_cpus: 2
        mem_page_size: large
  properties:
    availability_zone: NFV-AZ
    image: cirros
```

그림 27. 특정 가용성 영역을 위한 VNFD template

3. OpenStack Tacker 기반의 VNFFG 구성 알고리즘

3.1. 기존의 VNFFG 구성 알고리즘

앞서 기술한 바와 같이 Tacker의 VNFFG 기능은 트래픽이 지나야하는 VNF들을 정의하고, 해당 트래픽을 요구하는 VNF들을 지나도록 조율하고 관리하는 것을 목적으로 한다. 즉, Tacker 서버로부터 추상화된 VNFFG TOSCA에서 정의된 VNF목록 등의 VNFFG 관련된 정보를 서비스 기능 체인 (SFC) 및 트랙픽을 분류하는 Classifier에 제공해야한다. 정보를 받은 SFC는 트래픽에 요구하는 VNF들의 목록을 구성하고, Classifier은 다수의 트래픽을 분류하는 역할을 한다.

VNF가 VNFD로 정의되는 것과 같이 VNFFG는 VNFFG Descriptor로 정의된다. VNFFGD를 생성한 후에 VNFFG는 Tacker 서버에 의해 인스턴스화 된다.

VNFFG 생성 관련된 명령어는 다음과 같다.

- VNFFGD 생성

• tacker vnffgd-create --vnffgd-file <vnffgd file> <vnffgd name>

미리 작성된 vnffgd file을 참조하여 vnffgd name의 이름으로 VNFFGD를 온보드하는 명령어이다.

- VNFFG 생성

• tacker vnffg-create --vnffgd-name <vnffgd name> --vnf-mapping <vnf mapping> --symmetrical <boolean> <vnffg name>

온보딩된 VNFFGD를 참조하여 vnffg name의 이름으로 VNFFG를 생성하는 명령어이다. --vnf-mapping 옵션을 통해 특정 VNF를 지칭하여 VNFFG를 생성 가능하며, 해당 옵션을 사용하지 않으면 임의의 VNF를 선택하여 VNFFG를 생성한다.

- SFC 관련 명령어
  - **tacker nfp-list**
    - networking forwarding path (nfp)의 리스트를 보여준다.
  - **tacker nfp-show <nfp id>**
    - nfp id를 갖는 특정 nfp의 속성을 보여준다.
  - **tacker chain-list**
    - 생성된 chain의 리스트를 보여준다.
  - **tacker chain-show <chain id>**

    - chain id를 갖는 특정 chain의 속성을 보여준다.
- **tacker classifier-list**
    - classifier의 리스트를 보여준다.
- **tacker classifier-show <classifier id>**
    - classifier id를 갖는 특정 classifier의 속성을 보여준다.

3.2. VNFFG 소스코드 분석

앞서 기술한 명령어들 어떻게 코드상으로 구현되었는지 확인하기 위해 Tacker 내의 VNFFG 생성 소스코드를 분석한다. 소스 코드는 VNFFG 생성 관련 함수들이 정의된 vnffg_db.py 파일을 분석한다. 해당 파일은 tacker/db/nfvo 폴더 내에 존재하며, 분석하는 vnffg_db.py 파일은 4월 1일 기준의 master 브랜치의 파일이다.

아래의 그림은 VnffgPluginDbMixin 클래스 중 일부를 나타낸다. 해당 클래스에서는 VNFFGD 와 VNFFG 관련 tacker CLI 명령어에 따른 호출 함수들을 정의하고 있다. VnffgPluginDbMixin 클래스의 퍼블릭 함수는 다음과 같다.

- VNFFG 관련 함수
    - def create_vnffg
    - def get_vnffg
    - def get_vnffgs
    - def update_vnffg
    - def delete_vnffg
- VNFFGD 관련 함수
    - def create_vnffgd
    - def get_vnffgd
    - def get_vnffgds
    - def delete_vnffgd
- SFC 관련 함수
    - def get_classifier
    - def get_classifiers
    - def get_nfp
    - def get_nfps
    - def get_sfc
    - def get_sfcs

본 소스 코드 분석에서는 VNFFG 생성시 호출되는 create_vnffg 함수를 중점적으로 분석한다. create_vnffg 함수 분석을 통해 새로운 VNFFG 알고리즘을 구상할 예정이다.

```
188 class VnffgPluginDbMixin(vnffg.VNFFGPluginBase, db_base.CommonDbMixin):
189
190     def __init__(self):
191         super(VnffgPluginDbMixin, self).__init__()
192
193     def create_vnffg(self, context, vnffg):
194         vnffg_dict = self._create_vnffg_pre(context, vnffg)
195         sfc_instance = str(uuid.uuid4())
196         fc_instance = str(uuid.uuid4())
197         self._create_vnffg_post(context, sfc_instance,
198                                 fc_instance, vnffg_dict)
199         self._create_vnffg_status(context, vnffg_dict)
200         return vnffg_dict
201
202     def get_vnffg(self, context, vnffg_id, fields=None):
203         vnffg_db = self._get_resource(context, Vnffg, vnffg_id)
204         return self._make_vnffg_dict(vnffg_db, fields)
205
206     def get_vnffgs(self, context, filters=None, fields=None):
207         return self._get_collection(context, Vnffg, self._make_vnffg_dict,
208                                     filters=filters, fields=fields)
209
210     def update_vnffg(self, context, vnffg_id, vnffg):
211         vnffg_dict = self._update_vnffg_pre(context, vnffg_id)
212         self._update_vnffg_post(context, vnffg_id, constants.ACTIVE, vnffg)
213         return vnffg_dict
214
215     def delete_vnffg(self, context, vnffg_id):
216         self._delete_vnffg_pre(context, vnffg_id)
217         self._delete_vnffg_post(context, vnffg_id, False)
218
```

그림 28. vnffg_db.py 소스코드 (1/3)

```
219     def create_vnffgd(self, context, vnffgd):
220         template = vnffgd['vnffgd']
221         LOG.debug(_('template %s'), template)
222         tenant_id = self._get_tenant_id_for_create(context, template)
223 
224         with context.session.begin(subtransactions=True):
225             template_id = str(uuid.uuid4())
226             template_db = VnffgTemplate(
227                 id=template_id,
228                 tenant_id=tenant_id,
229                 name=template.get('name'),
230                 description=template.get('description'),
231                 template=template.get('template'))
232             context.session.add(template_db)
233 
234         LOG.debug(_('template_db %(template_db)s'),
235                   {'template_db': template_db})
236         return self._make_template_dict(template_db)
237 
238     def get_vnffgd(self, context, vnffgd_id, fields=None):
239         template_db = self._get_resource(context, VnffgTemplate,
240                                          vnffgd_id)
241         return self._make_template_dict(template_db, fields)
242 
243     def get_vnffgds(self, context, filters=None, fields=None):
244         return self._get_collection(context, VnffgTemplate,
245                                     self._make_template_dict,
246                                     filters=filters, fields=fields)
247 
248     def delete_vnffgd(self, context, vnffgd_id):
249         with context.session.begin(subtransactions=True):
250             vnffg_db = context.session.query(Vnffg).filter_by(
251                 vnffgd_id=vnffgd_id).first()
252             if vnffg_db is not None:
253                 raise nfvo.VnffgdInUse(vnffgd_id=vnffgd_id)
254 
255             template_db = self._get_resource(context, VnffgTemplate,
256                                              vnffgd_id)
257             context.session.delete(template_db)
```

그림 29 . vnffg_db.py 소스코드 (2/3)

```
259         def get_classifier(self, context, classifier_id, fields=None):
260             classifier_db = self._get_resource(context, VnffgClassifier,
261                                                classifier_id)
262             return self._make_classifier_dict(classifier_db, fields)
263
264         def get_classifiers(self, context, filters=None, fields=None):
265             return self._get_collection(context, VnffgClassifier,
266                                         self._make_classifier_dict,
267                                         filters=filters, fields=fields)
268
269         def get_nfp(self, context, nfp_id, fields=None):
270             nfp_db = self._get_resource(context, VnffgNfp, nfp_id)
271             return self._make_nfp_dict(nfp_db, fields)
272
273         def get_nfps(self, context, filters=None, fields=None):
274             return self._get_collection(context, VnffgNfp,
275                                         self._make_nfp_dict,
276                                         filters=filters, fields=fields)
277
278         def get_sfc(self, context, sfc_id, fields=None):
279             chain_db = self._get_resource(context, VnffgChain, sfc_id)
280             return self._make_chain_dict(chain_db, fields)
281
282         def get_sfcs(self, context, filters=None, fields=None):
283             return self._get_collection(context, VnffgChain,
284                                         self._make_chain_dict,
285                                         filters=filters, fields=fields)
286
```

그림 30. vnffg_db.py 소스코드 (3/3)

3.2.1. create_vnffg 함수 분석

create_vnffg 함수는 위의 소스코드에서 193줄부터 200줄까지로 정의된다. 해당 함수는 3가지 내부함수들을 (_create_vnffg_pre, _create_vnffg_post, _create_vnffg_status) 호출한다. 이 중 _create_vnffg_pre 함수는 가장 먼저 호출되는 함수로써, 참조하는 VNFFGD를 기반으로 VNFFG를 구성하고 구성된 VNFFG를 출력하는 함수이다. 해당 함수가 VNFFG를 구성하는데 핵심 함수이다. 아래의 소스코드는 _create_vnffg_pre 함수를 나타내고, 해당 함수는 vnffg_db.py 파일에 정의되어 있다.

```
288     def _create_vnffg_pre(self, context, vnffg):
289         vnffg = vnffg['vnffg']
290         LOG.debug(_('vnffg %s'), vnffg)
291         tenant_id = self._get_tenant_id_for_create(context, vnffg)
292         name = vnffg.get('name')
293         vnffg_id = vnffg.get('id') or str(uuid.uuid4())
294         template_id = vnffg['vnffgd_id']
295         symmetrical = vnffg['symmetrical']
296 
297         with context.session.begin(subtransactions=True):
298             template_db = self._get_resource(context, VnffgTemplate,
299                                              template_id)
300             LOG.debug(_('vnffg template %s'), template_db)
301             vnf_members = self._get_vnffg_property(template_db,
302                                                    'constituent_vnfs')
303             LOG.debug(_('Constituent VNFs: %s'), vnf_members)
304             vnf_mapping = self._get_vnf_mapping(context, vnffg.get(
305                                                 'vnf_mapping'), vnf_members)
306             LOG.debug(_('VNF Mapping: %s'), vnf_mapping)
307             # create NFP dict
308             nfp_dict = self._create_nfp_pre(template_db)
309             vnffg_db = Vnffg(id=vnffg_id,
310                              tenant_id=tenant_id,
311                              name=name,
312                              description=template_db.description,
313                              vnf_mapping=vnf_mapping,
314                              vnffgd_id=template_id,
315                              attributes=template_db.get('template'),
316                              status=constants.PENDING_CREATE)
317             context.session.add(vnffg_db)
318 
```

그림 31 . _create_vnffg_pre함수 소스코드 (1/2)

```
            nfp_id = str(uuid.uuid4())
            sfc_id = str(uuid.uuid4())
            classifier_id = str(uuid.uuid4())

            nfp_db = VnffgNfp(id=nfp_id, vnffg_id=vnffg_id,
                              tenant_id=tenant_id,
                              name=nfp_dict['name'],
                              status=constants.PENDING_CREATE,
                              path_id=nfp_dict['path_id'],
                              symmetrical=symmetrical)
            context.session.add(nfp_db)

            chain = self._create_port_chain(context, vnf_mapping, template_db,
                                            nfp_dict['name'])
            LOG.debug(_('chain: %s'), chain)
            sfc_db = VnffgChain(id=sfc_id,
                                tenant_id=tenant_id,
                                status=constants.PENDING_CREATE,
                                symmetrical=symmetrical,
                                chain=chain,
                                nfp_id=nfp_id,
                                path_id=nfp_dict['path_id'])

            context.session.add(sfc_db)

            sfcc_db = VnffgClassifier(id=classifier_id,
                                      tenant_id=tenant_id,
                                      status=constants.PENDING_CREATE,
                                      nfp_id=nfp_id,
                                      chain_id=sfc_id)
            context.session.add(sfcc_db)

            match = self._policy_to_acl_criteria(context, template_db,
                                                 nfp_dict['name'],
                                                 vnf_mapping)
            LOG.debug(_('acl_match %s'), match)

            match_db_table = ACLMatchCriteria(
                id=str(uuid.uuid4()),
                vnffgc_id=classifier_id,
                **match)

            context.session.add(match_db_table)

        return self._make_vnffg_dict(vnffg_db)
```

그림 32. _create_vnffg_pre함수 소스코드 (2/2)

_create_vnffg_pre 함수는 context와 vnffg 데이터를 입력으로 받는다. context의 경우 user_id, tenant_id 등이 포함되며, vnffg 데이터에는 tacker vnffg-create --vnffgd-name <vnffgd name> --vnf-mapping <vnf mapping> --symmetrical <boolean> <vnffg name> 명령어에 따른 데이터가 포함된다. 아래 그림은 vnffg 데이터의 예를 나타낸다.

```
['vnffg': {'description': 'dummy_vnf_description',
           'vnffgd_id': u'eb094833-995e-49f0-a047-dfb56aaf7c4e',
           'tenant_id': u'ad7ebc56538745a08ef7c5e97f8bd437',
           'name': 'dummy_vnffg',
           'vnf_mapping': {},
           'symmetrical': False}}
```

그림 33. vnffg 데이터 예시

해당 예시에는 --vnf-mapping 옵션을 사용하지 않은 경우를 보여준다. --vnf-mapping 옵션을 사용하는 경우 'vnf_mappin': {} 필드에 작성이 된다. vnffg 데이터와 context 데이터를 통해 vnffg, tenant_id, name, vnffg_id, template_id, symmtrical 변수를 초기화 시킨다. (289줄 ~ 295줄)

초기화된 변수를 통해 VNFFG template을 호출하고, 호출한 VNFFG template에 정의된 VNF 체인을 확인 후에 해당 VNF 체인에 맞는 VNF 인스턴스를 매핑한다. (298줄 ~ 306줄) 관련 함수들은 다음과 같다.

- _get_resource 함수를 통해 template_id를 갖는 VNFFG template을 호출한다.
- _get_vnffg_property 함수를 통해 호출한 VNFFG template에서 'constituent_vnfs' 필드값을 불러온다. 'constituent_vnfs' 필드값은 생성할 VNFFG가 요구하는 VNF들의 순서를 의미하는 값이다. 아래의 코드는 _get_vnffg_property 함수를 나타낸다.

```
@staticmethod
def _get_vnffg_property(template_db, vnffg_property):
    template = template_db.template['vnffgd']['topology_template']
    vnffg_name = list(template['groups'].keys())[0]
    try:
        return template['groups'][vnffg_name]['properties'][vnffg_property]
    except KeyError:
        raise nfvo.VnffgPropertyNotFoundException(
            vnffg_property=vnffg_property)
```

그림 34. _get_vnffg_property 함수

해당 함수는 입력받은 vnffg_property를 template으로부터 찾아서 출력해주는 것을 코드를 통해 확인 할 수 있다. 즉, 아래의 VNFFGD를 참조하여 예를 들면, constituent_vnfs: [VNFD1, VNFD2]로 정의하였기 때문에, 해당

디스크립터를 참조하여 생성되는 VNFFG는 VNFD1을 참조하여 생성된 VNF 인스턴스를 먼저 지나고, 그 후에 VNFD2을 참조하여 생성된 VNF 인스턴스를 지나는 그래프가 생성되어야 한다. 즉, _get_vnffg_property 함수를 통해 [VNFD1, VNFD2] 데이터가 출력된다.

```
tosca_definitions_version: tosca_simple_profile_for_nfv_1_0_0

description: Sample VNFFG template

topology_template:
  description: Sample VNFFG template

  node_templates:

    Forwarding_path1:
      type: tosca.nodes.nfv.FP.Tacker
      description: creates path (CP12->CP22)
      properties:
        id: 51
        policy:
          type: ACL
          criteria:
            - network_src_port_id: 640dfd77-c92b-45a3-b8fc-22712de480e1
            - destination_port_range: 80-1024
            - ip_proto: 6
            - ip_dst_prefix: 192.168.1.2/24
        path:
          - forwarder: VNFD1
            capability: CP12
          - forwarder: VNFD2
            capability: CP22

  groups:
    VNFFG1:
      type: tosca.groups.nfv.VNFFG
      description: HTTP to Corporate Net
      properties:
        vendor: tacker
        version: 1.0
        number_of_endpoints: 5
        dependent_virtual_link: [VL12,VL22]
        connection_point: [CP12,CP22]
        constituent_vnfs: [VNFD1,VNFD2]
      members: [Forwarding_path1]
```

그림 35. VNFFGD 예시

- _get_vnf_mapping 함수를 통해 생성될 VNFFG의 체인에 맞는 VNF 인스턴스를 선택한다. 해당 함수의 주요 입력값으로는 vnf_mapping 데이터와 vnf_members 데이터가 존재한다. vnf_mapping 데이터의 경우 앞서 기술한바와 같이 vnffg 데이터에 포함된 값이며, tacker CLI 명령어에서 —vnf-mapping 옵션을 통해 채워진다. 따라서, _create_vnffg_pre함수에서는 vnffg의 ‘vnf_mappig’ 필드의 데이터를 _get_vnf_mapping 함수의 vnf_mapping 값으로 입력하는 것을 확인 할 수 있다. 한편, vnf_members 입력값은 앞서 기술한 _get_vnffg_property 함수를 통해 출력한 데이터를 입력으로 한다.

```
475     def _get_vnf_mapping(self, context, vnf_mapping, vnf_members):
476         """Creates/validates a mapping of VNFD names to VNF IDs for NFP.
477 
478         :param context: SQL session context
479         :param vnf_mapping: dict of requested VNFD:VNF_ID mappings
480         :param vnf_members: list of constituent VNFs from a VNFFG
481         :return: dict of VNFD:VNF_ID mappings
482         """
483         vnfm_plugin = manager.TackerManager.get_service_plugins()['VNFM']
484         new_mapping = dict()
485 
486         for vnfd in vnf_members:
487             # there should only be one ID returned for a unique name
488             try:
489                 vnfd_id = vnfm_plugin.get_vnfds(context, {'name': [vnfd]},
490                                                 fields=['id']).pop()['id']
491             except Exception:
492                 raise nfvo.VnffgdVnfdNotFoundException(vnfd_name=vnfd)
493             if vnfd_id is None:
494                 raise nfvo.VnffgdVnfdNotFoundException(vnfd_name=vnfd)
495             else:
496                 # if no VNF mapping, we need to abstractly look for instances
497                 # that match VNFD
498                 if vnf_mapping is None or vnfd not in vnf_mapping.keys():
499                     # find suitable VNFs from vnfd_id
500                     LOG.debug(_('Searching VNFS with id %s'), vnfd_id)
501                     vnf_list = vnfm_plugin.get_vnfs(context,
502                                                     {'vnfd_id': [vnfd_id]},
503                                                     fields=['id'])
504                     if len(vnf_list) == 0:
505                         raise nfvo.VnffgInvalidMappingException(vnfd_name=vnfd)
506                     else:
507                         LOG.debug(_('Matching VNFs found %s'), vnf_list)
508                         vnf_list = [vnf['id'] for vnf in vnf_list]
509                     if len(vnf_list) > 1:
510                         new_mapping[vnfd] = random.choice(vnf_list)
511                     else:
512                         new_mapping[vnfd] = vnf_list[0]
513                 # if VNF mapping, validate instances exist and match the VNFD
514                 else:
515                     vnf_vnfd = vnfm_plugin.get_vnf(context, vnf_mapping[vnfd],
516                                                    fields=['vnfd_id'])
517                     if vnf_vnfd is not None:
518                         vnf_vnfd_id = vnf_vnfd['vnfd_id']
519                     else:
520                         raise nfvo.VnffgInvalidMappingException(vnfd_name=vnfd)
521                     if vnfd_id != vnf_vnfd_id:
522                         raise nfvo.VnffgInvalidMappingException(vnfd_name=vnfd)
523                     else:
524                         new_mapping[vnfd] = vnf_mapping.pop(vnfd)
525         self._validate_vim(context, new_mapping.values())
526         return new_mapping
```

그림 36. _get_vnf_mapping 함수

- _get_vnf_mapping 함수의 경우 VNFD와 VNF를 관리하는 VNF Manager 모듈을 호출한다. (483줄) VNF Manager를 호출하는 이유는 정의한 VNFD가 온보드 되었는지, 해당 VNFD를 참조하여 생성된 VNF들이 존재하는지에 대한 정보가 필요하기 때문이다. 따라서, _get_vnf_mapping 함수는 vnf_members에 정의된 VNFD들이 존재하는지 확인을 한다. (489줄~494줄) 정의된 VNFD가 VNF Manager에서 관리 중이라고 하면, VNFD를 참조하여 생성된 VNF들을 호출한다. 이때, vnf_mapping 입력값이 존재한다면 (즉, 특정 VNF들을 CLI명령어를 통해 지칭하였다면), vnf_mapping에 정의된 VNF의 VNFD_ID를 VNF Manager로부터 확인하다. (515줄~520줄) 확인한 VNFD_ID 와 vnf_members에 정의된 ID와 비교하여, 같으면 해당 VNF 인스턴스를 선택한다.
- 이와 반대로, vnf_mapping 입력값이 존재하지 않는다면 (즉, 특정 VNF들을 CLI명령어를 통해 지칭하지 않았다면), vnf_members에 정의된 VNFD를 참조한 VNF 인스턴스를 선택해야한다. 우선 vnf_members에 정의된 VNFD를 참조하여 생성된 VNF 인스턴스 리스트를 VNF Manager를 통해 확인하다. (501줄) 이때, VNF 인스턴스가 한 개만 존재하는 경우 해당 인스턴스를 선택하고 (512줄), 한 개이상의 VNF 인스터스가 존재하는 경우 리스트내의 VNF 인스턴스 중 하나를 임의로 선택한다.

해당 과정을 통해 생성될 VNFFG가 지나야하는 VNF 인스턴스들이 구성되고, VNFFG 인스턴스가 생성되고, 업데이트 된다. (309줄~316줄) VNFFG 뿐만아니라, NFP, SFC, SFC Classifier 인스턴스가 생성 및 업데이트 된다.

Tacker VNFFG 기능의 경우 VNF 인스턴스간의 체이닝은 OpenStack내의 SFC 프로젝트인 networking-sfc만 지원하므로, networking-sfc에서 체이닝을 하는 방식인 포트간의 연결성을 통해 VNF간의 그래프가 구성된다. chain = self._create_port_chain(context, vnf_mapping, template_db, nfp_dict['name']) (331줄) 함수를 통해 체이닝을 위한 물리적 포트 ID리스트를 생성한다.

3.3. VNFFG 구성 알고리즘 테스트

본 테스트에서는 OpenStack Tacker VNFFG Manager에서 VNFFG를 구성하는 기존 알고리즘에 대해서 확인해 보도록 한다. OpenStack Tacker VNFFG Manager에서는 VNF Descriptor들의 순서 집합을 참조하는 VNFFG Descriptor로부터 실제 VNF 인스턴스들을 참조하는 VNFFG 인스턴스를 생성할 시, 하나의 VNF Descriptor에 대해 여러 VNF 인스턴스가 존재할 경우, 특정 알고리즘을 통해 VNF 인스턴스를 선택하게 된다. 현재 구현되어 있는 방식은 Manual 방식 및 Random 방식으로, Manual 방식은 VNFFG Descriptor에 포함된 VNF Descriptor와 VNF 인스턴스 간의 매핑을 직접 명시하여 VNFFG 인스턴스를 구성하는 방식이고, Random 방식은 VNF 인스턴스들 중 Random하게 VNF 인스턴스를 선택하여 VNFFG 인스턴스를 구성하는 방식이다. 본 테스트에서는 Random 방식 기능을 검증해보도록 한다.

3.3.1. 테스트 환경

VNFFG 구성 알고리즘 테스트 환경 및 테스트 시나리오는 아래 그림과 같다. 먼저, VNFD1 및 VNFD2로 명명된 2개의 VNF Descriptor들의 온보딩을 수행한다. 다음으로 VNFD1의 CP12로부터 VNFD2의 CP22로의 체인을 구성하는 VNFFGD1로 명명된 VNFFG Descriptor를 온보딩 한다.

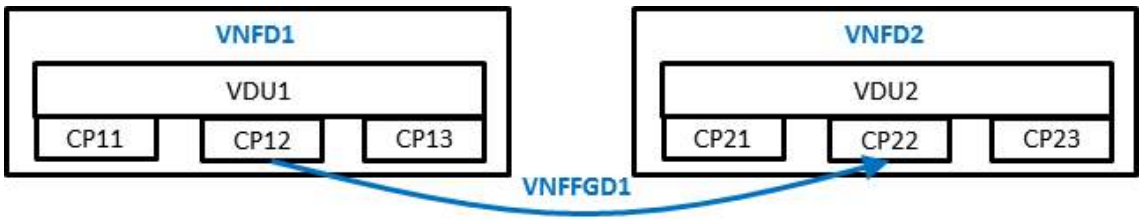


그림 37 VNFFG 구성 알고리즘 테스트 환경

다음으로, VNFFG 구성 알고리즘 테스트 시나리오를 알아본다. VNFD1 및 VNFD2에 대한 VNF 인스턴스를 각각 1개 및 3개 씩 생성한다. 여기서 VNFD1에 대한 VNF 인스턴스는 VNF1_VNFD1 그리고 VNFD2에 대한 VNF 인스턴스들은 VNF1_VNFD2, VNF2_VNFD2, VNF3_VNFD3으로 명명한 것을 알 수 있다. 여기서, VNFD2로부터 생성된 3개의 인스턴스들 중 Random하게 하나의 인스턴스가 선택되어 VNFFG 인스턴스를 생성하는 것을 확인하도록 한다.

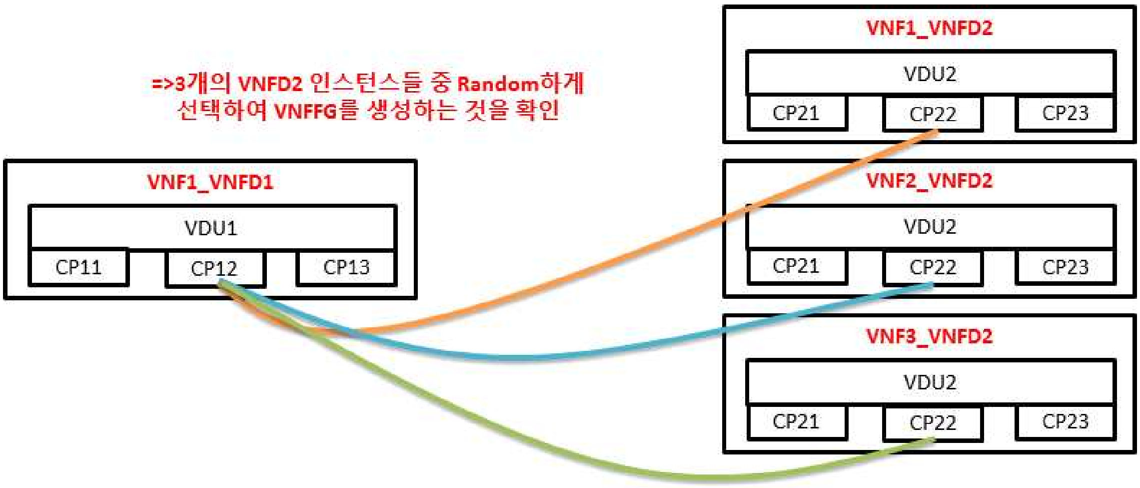


그림 38 VNFFG 구성 알고리즘 테스트 시나리오

3.3.2. 테스트 결과

VNFFG 랜덤 구성 알고리즘의 동작을 확인하기 위해, VNFFG 인스턴스를 생성하여, 생성된 VNFFG 인스턴스가 VNFD2로부터 생성된 3개의 인스턴스들 중 하나를 랜덤하게 선택하는 것을 확인하도록 한다. 먼저 아래 그림과 같이 VDU1의 CP11과 VDU2의 CP22를 연결하는 VNFFG 인스턴스를 생성한다.

```
stack@stack-VirtualBox:~/devstack$ tacker vnffg-create --vnffgd-name VNFFGD1_VDU1_CP12_VDU2_CP22 VNFFG1_VDU1_CP12_VDU2_CP22
Created a new vnffg:
+------------------+--------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| Field            | Value                                                                                                  |
+------------------+--------------------------------------------------------------------------------------------------------+
| description      |                                                                                                        |
| forwarding_paths | d5b6ab90-053e-4b38-895a-9d28b935fb4f                                                                   |
| id               | 3d9ad691-6a99-446d-b559-fafdab4e7d41                                                                   |
| name             | VNFFG1_VDU1_CP12_VDU2_CP22                                                                             |
| status           | PENDING_CREATE                                                                                         |
| tenant_id        | 666c10a2c2f346a8973ba2624257226f                                                                       |
| vnf_mapping      | {"VNFD2": "bcbefc46-2001-415c-99a5-d10445809a88", "VNFD1": "34944c47-350c-41e5-9c98-77932504266f"}    |
| vnffgd_id        | b5103637-2197-4610-898f-db87592aaee4                                                                   |
+------------------+--------------------------------------------------------------------------------------------------------+
```

그림 39 VNFFG 인스턴스 생성

아래와 같이 Tacker CLI를 통해 VNFFG 인스턴스가 성공적으로 생성된 것을 확인할 수 있다.

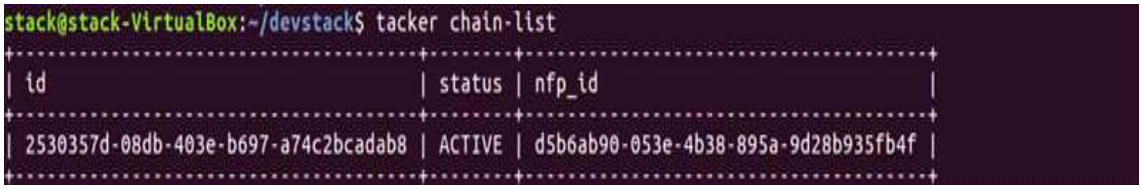


그림 40 VNFFG 인스턴스 생성 확인

다음으로 생성된 VNFFG 인스턴스의 실제 경로를 나타내는 Network Function Path (NFP)를 알아보도록 한다. 아래 그림과 같이, Tacker CLI를 통해 생성한 VNFFG 인스턴스의 NFP를 확인해 본 결과, VNF1_VNFD1 및 VNF3_VNFD2 인스턴스가 NFP에 포함되어있음을 확인할 수 있다. 즉, Random 알고리즘에 의해 VNFD2로부터 생성된 3개의 인스턴스들 중, 세번째 인스턴스 (VNF3_VNFD2)가 선택되었음을 확인할 수 있다.

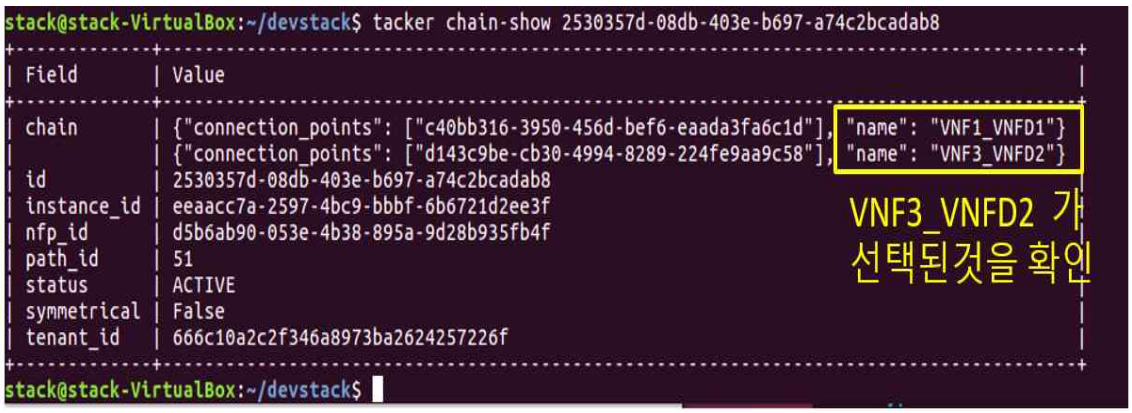


그림 41 VNFFG Random 구성 알고리즘 확인

3.4. VNFFG 미터링 프레임워크를 위한 개발 방안

현재 VNFFG 생성시 NFVO 플러그인은 VNFM을 쿼리하여 각 NFP에 해당하는 VNFD에서 존재하는 사용 가능한 VNF 인스턴스를 찾는다. 현재는 VNFD에 둘 이상의 같은 type의 VNF가 존재할 경우 어떤 VNF를 사용할 지는 랜덤하게 선택된다. 하지만, 이러한 임의의 VNF들의 조합 VNFFG를 구성하는 것은 네트워크 사업자의 다양한 요구사항을 충족하기 어렵다. 따라서, 네트워크 사업자의 요구에 맞는 VNFFG 구성 알고리즘이 필요하다. 이를 위해, 우선적으로 Tacker에서 VNF 인스턴스의 resource에 대한 정보가 있어야 한다. 이를 구현하기 위한 방안으로는 크게 2가지 방법이 고려될 수 있다. 먼저 Tacker에 따로 데이터베이스를 구축하여, Gnocchi 데이터베이스에 저장되어 있는 Ceilometer가 수집한 VNF 인스턴스의 resource를 주기적으로 받아오고 이를 유지하는 것이다. 이를 위해, 먼저 pipeline 구조를 통해 사용자가 필요한 meter를 Ceilometer에 추가할 수 있고, 이에 대한 설정 방법은 ceilometer.conf 파일을 사용한다. 이 파일에서 pipeline 구조가 있는

pipeline.yaml 파일을 정의하면 metering 하고자하는 데이터를 설정할 수 있다.

```
sources:
    - name: meter_source
      interval: 600
      meters:
          - "*"
      sinks:
          - meter_sink
    - name: cpu_source
      interval: 600
      meters:
          - "cpu"
      sinks:
          - cpu_sink
sinks:
    - name: meter_sink
      transformers:
      publishers:
          - rpc://
          - file:///var/log/ceilometer/test.log?max_bytes=10000000&backup_count=5
          - udp://10.10.1.1
    - name: cpu_sink
      transformers:
          - name: "rate_of_change"
            parameters:
                target:
                    name: "cpu_util"
                    unit: "%"
                    type: "gauge"
                    scale: "100.0 / (10**9 * (resource_metadata.cpu_number or 1))"
      publishers:
          - rpc://
```

그림 42. ceilometer.conf 파일 소스코드

그리고 metering 된 데이터는 gnocchi publisher를 통해 gnocchi 데이터베이스에 저장이 되고, query 메카니즘 혹은 POST METHOD 그리고 JSON 포맷의 query를 업로드함을 통해 얻고자 하는 resource를 찾을 수 있다.

다음으로, 주기적으로 VNF 인스턴스의 resource에 대한 정보를 받아오는 방법이 아닌 VNFFG를 구성할 때마다, 이를 구성하기 위한 VNF 인스턴스에 대한 resource를 받아오는 방법이 있다. 즉, 네트워크 사업자의 요구에 맞는 VNF 선택 알고리즘을 수행하는데 필요한 resource를 받아오는 api를 구현하여, VNFFG 구성할 때마다 VNF 인스턴스에 대한 resource를 받아올 수 있다.

4. 결 론

본 문서에서는 OPNFV/OpenDaylight SFC 및 OpenStack Tacker 기반의 VNFFG 구성 기능을 분석하였다. VNFFG 관련 소스 코드분석을 통해, VNFFG 생성 명령시 특정 VNF 인스턴스를 지칭하지 않을 시에 VNFD 순서에 맞는 VNF가 임의로 선택되는 것을 파악하였으며, 테스트를 통해 VNFD 순서에 맞게 VNF가 임의로 선택되는 것을 확인하였다. 이 경우, 임의의 VNF들의 조합 VNFFG를 구성하는 것은 네트워크 사업자의 다양한 요구사항을 충족하기 어려울 것으로 고려된다. 따라서, 네트워크 사업자의 요구에 맞는 VNFFG 구성 알고리즘이 필요하다.

네트워크 사업자의 요구사항에 맞는 VNFFG 구성 알고리즘을 구현하기 위해서는 OpenStack Tacker에서 제공하는 Monitoring Framework 기능과 결합하여 부하분산적인 VNFFG 구성 알고리즘이 구현 가능 할 것으로 생각되며, 추후에 연구할 계획이다. 이를 위해서는 우선적으로 Tacker에서 제공하는 알람기반의 Monitoring Framework의 경우 OpenStack에서 자원 모니터링기능을 제공하는 Ceilometer로부터 특정 이벤트에 대한 알람을 받아오는 형식이기 때문에, 주기적으로 혹은 VNFFG 구성 시에 VNF의 자원정보를 Ceilometer로부터 받아 올 수 있는 모듈 구현이 우선적으로 진행되어야 한다. 해당 모듈의 구현이 완료되면 VNF들의 부하를 기반으로 VNFFG를 구성하는 모듈을 구현함으로써 부하 분산적인 VNFFG 구성 알고리즘이 구현된다.

References

[1] OpenDaylight, [Online] Available : https://www.opendaylight.org/

[2] Halpern, J., Ed. and C. Pignataro, Ed., "Service Function Chaining (SFC) Architecture," RFC 7665, DOI 10.17487/RFC7665, October 2015, <http://www.rfc-editor.org/info/rfc7665>.

[3] ETSI ISG NFV, http://portal.etsi.org/portal/server.pt/community/NFV/367

[4] OPNFV, "Open Platform for Network Function Virtualization," [Online] Available : https://www.opnfv.org/

[5] Quinn, P. and U. Elzur, "Network Service Header", draft- ietf-sfc-nsh-04, March 2016.

K-ONE 기술 문서

- 이 문서의 기술적인 내용은 프로젝트의 진행과 함께 별도의 예고 없이 변경될 수 있습니다.

- 본 문서와 관련된 문의 사항은 아래의 정보를 참조하시길 바랍니다.
  (Homepage: http://opennetworking.kr/projects/k-one-collaboration-project/wiki, E-mail: k1@opennetworking.kr)

작성기관: K-ONE Consortium
작성년월: 2018/03