5G 이동통신 네트워크를 위한 SDN과 NFV 기술 동향

오유미, 김철훈, 이성원
경희대학교

요 약

네트워크 장비 업체나 통신사뿐만 아니라 여러 국가들에서도 상용화를 목표로 5G 기술 확보를 위한 대규모의 연구 개발 역량을 집결하고 있다. 이 중 대다수의 연구 개발은 SDN(Software Defined Network)과 NFV(Network Function Virtualization)를 기반으로 두고 있다. 이는 5G의 아키텍처가 동적인 네트워크를 생성하는데 초점을 맞추고 있기 때문이다. 이에 본 고에서는 METIS 2020(Mobile and wireless communication Enablers for the Twenty-twenty Information Society)에서 발표한 최종 리포트를 참고하여 5G 이동통신 네트워크에서의 SDN과 NFV의 역할에 대해 알아 보고, 현재 진행 중인 개발 행태를 보기 위해 대표 기업들의 동향을 살펴본다.

Ⅰ. 서 론

SDN과 NFV는 급증하는 무선 인터넷 트래픽과 다양한 새로운 서비스를 효율적으로 관리할 수 있다는 측면에서 차세대 네트워크 기술로 주목받고 있다. SDN은 제어부와 데이터부의 분리와 소프트웨어 코드를 통해 조정할 수 있는 네트워크 구성 요소, 중앙화된 네트워크 제어를 특징으로 갖는 기술이다. NFV는 네트워크 장비에 가상화 기술을 이용하여 네트워크 기능을 구현하는 기술이다. 이에 따라 SDN과 NFV는 5G 통신망 구성의 필수 기술로 부상하고 있다.

SDN과 NFV를 완전히 수용한 네트워크 운영자는 사업 모델을 급진적으로 변화시킬 수 있는 기회를 갖게 된다. 네트워크에서 새로운 소프트웨어 구성 요소의 배치 또는 새로운 방법을 통한 기존 소프트웨어와의 결합으로 인해 새로운 서비스 창출이 가능해지고, 가상화된 인프라의 유연성으로 인해 새로운 타입의 서비스를 제공하는 것이 가능해질 것이다. 또한, 하드웨어 표준화와 운영 관리의 자동화는 운영 비용을 줄일 것이다.

본 고에서는 5G 기술 개발 프로젝트인 METIS 2020에서의 SDN과 NFV에 대해서 알아보고, 네트워크 장비 제조업체인 Ericsson과 Huawei, NSN(Nokia Solutions and Networks)의 동향을 살펴본다.

Ⅱ. METIS 2020

5G 기술 소개에 앞서 지난 세대의 RAN(Radio Access Network)이 변화를 먼저 살펴본다. 기존의 2G가 음성 중심의 통신이었다면 3G는 데이터 서비스를 제공하면서 CS(Circuit Switching)와 PS(Packet Switching)를 결합하는데 집중하였다.

이후 순수 PS 아키텍처인4G가 소개되었다. 4G 네트워크 아키텍처는 ISDN의 발전 형태의 마지막 단계로 여겨진다. all-IP PS를 가능하게 하였으며 네트워크 분야로는 평면적 구조를 향해 진화하였다. 이러한 발전과는 달리 아키텍처 정의에 적용되는 디자인 철학은 하위 호환성과 기술의 한계로 크게 바뀌지 않고 있었다.

다른 아키텍처들은 RAN기능과 CN(Core Network) 기능을 분리하는 것이나 코어 기능을 통합 관리, 세션 관리, 이동성 관리로 그룹화 하는 것을 공통적인 특징으로 갖는다. 또한 이러한 아키텍처는 인터페이스와 프로토콜 세트를 정의하는 계층적 구조를 가짐으로써 새로운 세대에서도 보존된다.

유즈 케이스의 다양성으로 인하여 5G 네트워크는 현재 제공되는 것보다 유연하고 비용적으로 효율적이어야 하는 요구사항을 갖는다. 5G는 이 요구사항을 충족시키기 위하여 컴퓨팅 및 스토리지의 발전과 함께 NFV와 SDN과 같은 새로운 패러다임을 적용한 새로운 아키텍처를 제시한다. NFV와 SDN로 4G 네트워크 아키텍처를 더 저렴하고 유연하게 발전시킬 수도 있지만 이 두가지 기술의 잠재력을 최대한 발휘하기 위해서는 4G 네트워크 아키텍처를 기반으로 하는 기존 원리로부터 벗어난 설계가 필요하다.

기존 4G를 벗어남으로써 5G 아키텍처는 RAN과 CN를 엄격하게 분리시키는 것과 네트워크 기능이 미리 정의된 엔티티 사

이와 강하게 결합돼있는 형태로부터 자유로워진다. 또한 SDN과 NFV 원리를 활용하여 데이터에서 제어를, 소프트웨어에서 하드웨어를 명확하게 분리하였다.

각 기술에 대해 살펴보자면 SDN 아키텍처는 공유되는 자원 풀을 이용하는 맞춤형 가상 네트워크의 주문형 생성을 한다. SDN 아키텍쳐를 기반으로 하는 가상 네트워크는 라우팅과 이동성 관리를 최적화 하기 위하여 제어부와 데이터부를 분리하는데 효율적이다. 이렇게 분리된 가상 네트워크는 타겟 서비스의 요구사항에 따라 다양하게 커스터마이징 될 수 있다.

NFV는 범용 클라우드 기반 하드웨어 위에서의 코어 네트워크의 중앙 집중형 소프트웨어 어플리케이션을 통해 주로 실현되고 있으며 고정된 모바일 컴포넌트의 통합을 위하여도 연구되고 있다. 특히 RAN 부분으로의 확장은 METIS와 관련이 많다고 볼 수 있다.

위의 설명한 두 기술은 많은 데이터 센터들에서 현재 운용하고 있는 것과 같이 많은 부분에서 상호 보완적이다. NFV를 제어부와 데이터부를 분리하는 접근의 SDN과 함께 적용하는 것은 네트워크가 다양한 유즈 케이스를 다룰 수 있도록 유연성을 향상시키고 네트워크의 CAPEX/OPEX를 감소시킬 수 있다. 다만, 무선 네트워크에 NFV와 SDN 개념을 이식하는 것은 엄격한 성능과 지연 요구사항, 사용 가능한 전송 옵션의 영향 때문에 기술적인 문제를 많이 안고 있다.

그럼에도 불구하고 무선 NFV를 통한 무선 통신 NFV의 장점은 굉장히 강력하다. 먼저 IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS(Platform as a Service), RANaaS(RAN as a Servcie)와 같은 클라우드 서비스 제공이 확장이 있다.

E2E(End to End) 서비스 제공 시 무선이나 백/프론트 홀 레이어 위에서의 데이터 전송을 서비스 콘텐츠와 사용 가능한 자원에 따라서 주문형으로 대응함으로써 유연성을 증가시킬 수 있다. 특히 위의 두 가지에 대해서는 활발히 연구 중에 있다.

마지막은 백/프론트 홀의 프로비저닝에 관한 부분이다. 적절한 백홀 및 프론트홀의 프로비저닝은 특히 UDN (Ultra Dense Network)에서 매우 중요한 이슈이다. 미래에도 유선 솔루션이 어디에서나 사용 가능할 것이라고 기대하기는 힘들다. 비싼 케이블 구조를 피하기 위해서는 무선 프런트/백홀 솔루션이 미래 모바일 네트워크에서 중요한 역할을 수행한다. 이 솔루션은 제안된 유연한 무선 인터페이스를 기반으로 액세스 링크 프로비저닝과 함께 무선 노드에 융화 될 것이다.

위의 장점들을 활용하면 C-RAN(Cloud-Radio Access Network) 환경에서 무선 네트워크와 서비스 기능의 구현은 SDN과 NFV 기능을 RAN에 매핑하는 것을 단순화시킬 수 있다. 이는 지역 이동성 관리와 LBO(Local Breakout)뿐 아니라 캐싱 기능을 갖는 CDN(Contents Delivery Network)와 같은 C-RAN 프로세싱 유닛 내부에 분산된 핵심 기능들의 통합에 대한 유연성을 강화한다. 중앙집중식 프로세싱과 베이스 밴드 유닛 사이에 최소화된 지연 때문에 C-RAN 환경은 공동 RRM(Radio Resource Management)과 간섭 조정을 위한 셀들의 클러스터링을 단순화 하는 것 또한 가능하다.

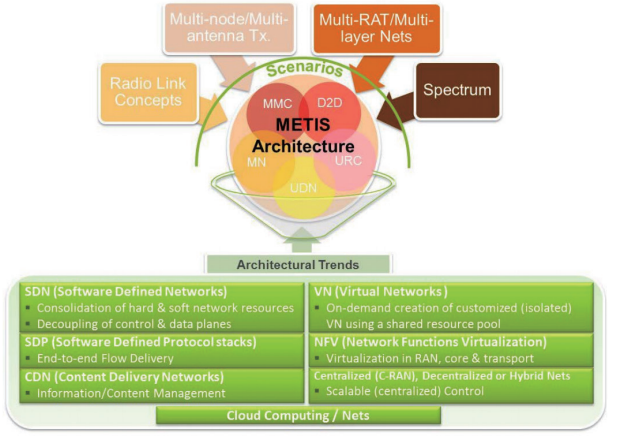

그림 1. METIS의 주요 시나리오를 지원하는 WP 입력과 이를 위해 고려되어야 하는 트렌드

현재까지의 내용을 통합적으로 요약한 〈그림1〉은 Massive Machine Communication(MMC), Ultra Reliable Communication(URC), Device to Device(D2D), UDN, Moving Network(MN)과 같은 METIS의 대표적 시나리오들을 효율적으로 지원하는 5G의 구조적 디자인에 대한 WP(Work Package) 인풋들을 묘사하며 구현을 위해서 필요한 구조적 트렌드를 나타낸다. 특히 〈그림 1〉의 하단의 트렌드의 목록에서 SDN과 NFV의 활용을 다시 한 번 확인 할 수 있다.

결론적으로 5G아키텍처는 다음의 4가지 핵심요소들을 통해 이전의 아키텍처와 구분된다.

1. 네트워크 엔티티보다는 네트워크 기능에 초점을 맞추며 정의한 기능들은 필요한 곳에 구현/적용 될 수 있다.
2. 제어부와 데이터부를 분리한다.
3. 네트워크 기능들을 유즈 케이스를 통해 적용한다. 모든 네

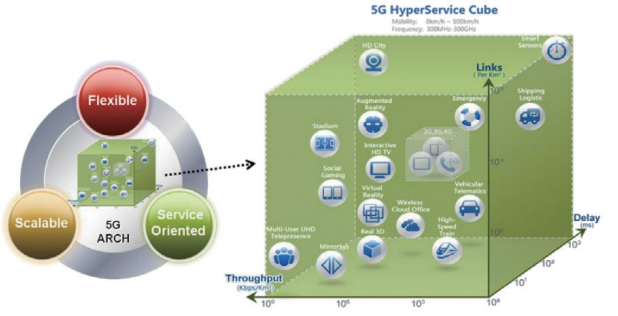

그림 2. METIS 5G 아키텍쳐의 3가지 주요 측면 및 하이퍼 서비스 큐브

트워크 기능들은 유즈 케이스에 따라서 조정하고, 변화할 수 있다.

4. 엔티티 사이의 인터페이스보다 기능들 사이에 인터페이스를 추구한다.

위에서 언급한 핵심 요소를 고려한 METIS 5G 아키텍처 개발은 유연성, 확장성, 서비스 기반 관리의 3가지 주요 측면에 의해 유도되며 이는 〈그림 2〉에서 묘사되어 있다. 미래 보장형 아키텍처는 스마트 센서 대 멀티 유저 UHD(Ultra High Definition) 원격 인식과 같은 모순되는 유즈 케이스들의 요구사항을 충족시키는 것뿐만 아니라 아직은 없는 새로운 유즈 케이스의 요구에 적응하는 것을 목표로 한다.

구체적으로 5G에서 구상하는 새로운 RAN 네트워크는 효율적으로 복수의 레이어를 다루어야 하며 액세스와 백홀 도메인에 무선 인터페이스의 다양성을 다룰 수 있어야 한다. 또한, 동적인 트래픽, 유저 행동, 그리고 액티브 노드들이 관련된 것들을 제어하고 대응하며 초저지연 트래픽이나 URC, 브로드캐스트 트래픽과 같은 더 다양해진 QoS(Quality of Service) 특성을 구별할 필요가 있다. 위와 같은 목표 성취를 위해서 역시 SDN과 NFV는 매우 중요한 역할을 한다.

토폴로지 측면에서의 METIS 5G 네트워크 아키텍처는 기존의 아키텍처와 새로운 아키텍처 트렌드를 고려하면서 많은 기술적 인에블러와 통신 페러다임들을 조정해야 한다. 네트워크 토폴로지는 C-RAN의 다양한 플레이버뿐 아니라 독립적 무선 액세스 노드들을 포함할 것이다. 여기서 전통적인 액세스 노드들은 오늘날 우리가 사용하는 소프트웨어와 하드웨어 컴포넌트가 함께 존재하는 것을 말하고 가상 액세스 노드는 특정 기능이 지원되어야 하는 유즈 케이스와 서비스의 요구 기준에 따라서 수정되거나 확장될 수 있도록 다양한 가상 머신에서 돌아가는 NFV를 지원하는 노드이다.

논리적 오케스트레이션과 제어 아키텍처는 SDN와 NFV의 사용을 기반으로 한다. 이것은 기존의 셀룰러와 무선 네트워크의 미래 기능뿐 아니라 개별 서비스 및 유즈 케이스의 네트워크 기능 요구를 효율적으로 실현하기 위해 필요한 유연성을 제공 한다.

오케스트레이션과 컨트롤 아키텍처의 관점에서 METIS 5G 아키텍처는 〈그림 3〉와 같이 논리적 노드를 구상한다. 논리 노드의 모든 기능은 가속기의 지원과 역량에 따른 구성 방식으로 물리적 자원에 할당된다. 데이터 및 제어 처리 기능은 또한 위에 언급한 요구에 따라 처리 프로세싱 노드에 할당된다. 처리 능력과 무선 프레임의 타이밍에 대한 기능과 인터페이스 사이의 종속성이 문제가 되는 경우 특정 노드 기능의 클러스터링 또한 가능하다.

Ⅲ. Ericsson

Ericsson은 앞서 언급한 METIS와 5G PPP (Public-Private Partnership)를 선도하고 있다. Ericsson은 다양한 요구에 최적으로 대응하기 위해서 SDN과 NFV를 통해 하드웨어와 소프트웨어가 수직 통합된 네트워크 장비를 수평 분리하여 네트워크 슬라이스를 만들 수 있는 아키텍처로 변화해야 한다고 주장하고 있다[2].

현재 네트워크의 관리는 독립적인 네트워크 구성 요소를 관리하는 것이다. NFV의 주된 아이디어 중 하나는 복잡한 네트워크 업무를 수행하기 쉽게 하기 위해 전체 네트워크의 관리를 자동화하는 것이다. 관리와 네트워크 슬라이싱의 또 다른 측면은 다른 네트워크 슬라이스를 위한 관리 도메인을 분리하는 것이다. 이는 다른 목적으로 사용되는 네트워크 부분 관리의 완전한 분리를 가능하게 한다. 5G 시스템에서 네트워크는 〈그림 4〉과 같이 네트워크 슬라이스를 통해 소프트웨어로 정의되고 맞춤화 가능한 기능에 의한 연결성 서비스로 더욱 추상화될 것이

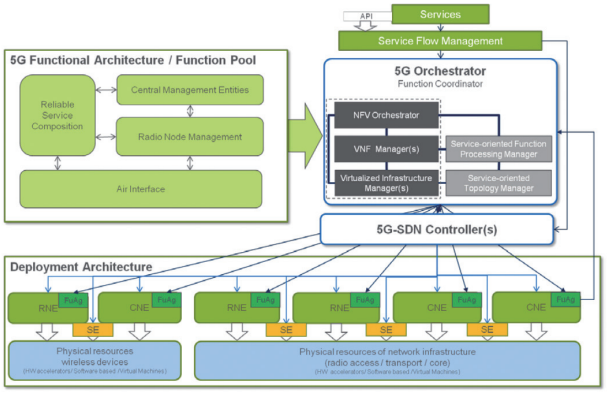

그림 3. 오케스트레이션과 컨트롤 아키텍처

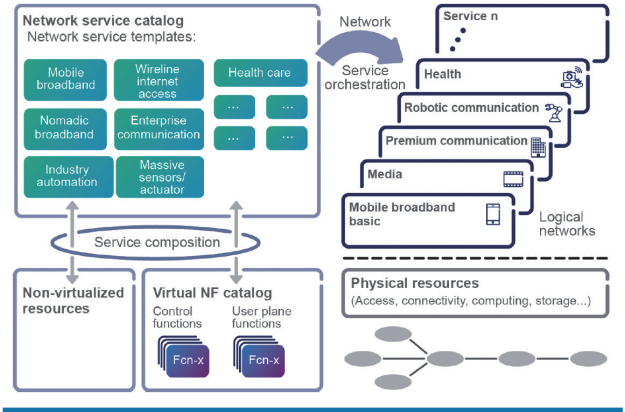

그림4. 네트워크 슬라이스를 통한 서비스 생성

다. 네트워크 슬라이스의 컨셉은 새로운 것이 아니다. 예를 들어, VPN은 네트워크 슬라이스의 기본 버전이라고 할 수 있다. 광범위한 유즈 케이스와 요구사항은 전체적으로 새로운 레벨과 요구에 맞는 네트워크로 정의될 것이다[3].

Ericsson의 대표적 솔루션은 Service Provider SDN이다. Service Provider SDN은 SDN이 데이터센터와 광범위 네트워크에서 요구되는 스케일과 신뢰성, 성능 요구를 충족시키게 하고, 서비스 제공자가 E2E 네트워크 운영에 대해 상세한 통찰을 갖게 됨과 동시에 현명한 의사 결정을 가능하게 한다. 또한, 서드파티 개발자 들이 이용 가능한 서비스 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스(service API)를 통해 운영자의 인프라의 기능을 드러내는데 도움을 준다. 즉, Service Provider SDN은 사업자가 네트워크를 확장하고 새로운 수익 창출의 가능성을 가질 수 있도록 한다. 광범위한 Service Provider SDN의 비전은 WAN과 분산 클라우드 데이터 센터를 위한 파워풀한 E2E 결합 플랫폼을 생성하기 위해 조합될 수 있는 몇몇 소프트웨어 구성요소를 포함하는 분할된 아키텍쳐를 목표로 한다. 시간이 지남에 따라 이러한 포괄적인 소프트웨어 기반의 통합 플랫폼은 단일 프로그램 엔티티로써 사업자 네트워크 전체를 제어할 수 있을 것이다.

〈그림5〉에 나타난 것과 같이 클라우드 어플리케이션의 유연한 관리를 제공하는 Network-enabled Cloud와 NFV, Service Provider SDN의 결합은 여러 이점을 제공한다. 운영자가 새로운 서비스의 동적이고 실시간 환경을 제공하기 위해 네트워크의 특성과 자원을 좀더 쉽게 맞추는 것을 가능하게 하고, 전통적인 컴퓨팅과 저장 자원을 넘어서는 가상화된 인프라를 확장한다. 이로 인해 하나 또는 그 이상의 데이터 센터뿐만 아니라 어떠한 노드들도 쉽게 포함될 수 있게 된다[4].

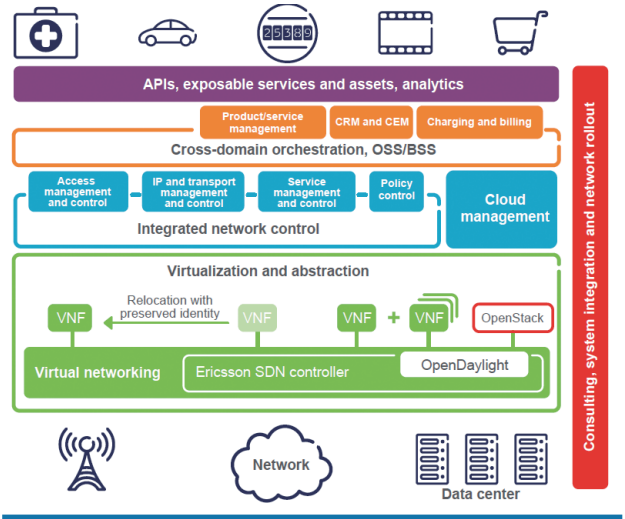

그림 5. Network-enabled Cloud와 NFV, Service Provider SDN의 결합

Ericsson은 최근 KT와 5G 관련 핵심 기술들의 공동 연구를 위한 양해각서 체결하였다. 주요 협력 분야는 5G 표준, 주파수 전략, 네트워크 아키텍처 및 구축 시나리오 등 5G 진화를 위한 필수 기술의 공동 연구과제 선정이다. 또한, 영국 King's College London 및 독일 Technische Universität Dresden와의 협력으로 영국과 독일에서 5G에 의한 스마트 시티, 사물인터넷 및 진화 산업의 발전을 가속화하고 있다.

Ⅳ. Huawei

Huawei는 OPNFV (Open Platform for NFV) 개방 소스 프로젝트에 참가하였고, CI(Continuous Integration) 프로젝트와 ONOS(Open Network Operating System) 프로젝트 등의 실행을 주도하고 있다. Huawei는 향후 네트워크 아키텍처의 방향으로 클라우드 컴퓨팅과 SDN, NFV를 이용한 ICT(Information and Communications Technologies) 융합으로 통신 산업의 혁신을 이루고자 하는 SoftCOM이라는 컨셉을 제시하였다. Huawei는 SoftCOM을 통해 〈그림 6〉에서처럼 4개의 분야에서의 재구성을 목표로 하고 있다.

첫째로 데이터 센터화된 ICT 구조를 설립하기 위한 구조 재구성이다. 정보화 시대의 서비스 공급에서 데이터 교환과 비즈니스 활동은 디지털화되고, 데이터센터는 서비스 처리와 비즈니스 거래, 정보 저장의 책임을 갖는다. 미래 네트워크 계획 및 건설로써 ICT 인프라의 핵심은 서비스 개발과 트래픽 스케쥴링에 순응하기 위해 데이터센터 기반이 될 것이다.

둘째로 SDN과 NFV를 이용하여 유연하고 지능적인 네트워크 및 제품 구조를 실현하기 위한 네트워크 재구성이다. SDN과 NFV를 통한 컨트롤 평면과 전달 평면의 분리, 네트워크 자원의 가상화로 인해 네트워크는 우수한 자원 스케쥴링과 높은 효율성, 간단한 소프트웨어 업그레이드와 함께 통합적인 관리가 가능해졌다. 이뿐만 아니라, 네트워크는 중앙화된 라우팅과 트래픽 제어를 통해 높은 사용률과 사용자 경험을 가능하게 한다. 네트워크 장비는 더 이상 특정 하드웨어에 의존하지 않고, 통합된 하드웨어 플랫폼을 공유하게 된다. 이로 인해 새로운 서비스의 빠른 개발과 적용, 자가 복구 기반 자동화 시스템이 가능해졌다.

셋째로 클라우드에 의해 제공되는 변화의 이점을 위한 서비스 재구성이다. 새로운 비즈니스 모델과 컨셉으로써 클라우드 서비스는 이동통신 산업에 거대한 전략적 기회를 제공한다. 글로벌 네트워크의 대역폭 증가와 클라우드 컴퓨팅 기술의 발전으로 많은 기업에서 ICT 클라우드 서비스와 함께 데이터 센터를 교체할 것이다. 관련 기업들은 이러한 변화에서 클라우드 서비

그림 6. SoftCOM 네트워크 구조

스를 제공하기 위해 ICT 인프라가 필요할 것이다.

마지막으로 올 온라인(ALL-Online)과 온디맨드(On-Demand) 자동화, 인터넷 기반 운영을 통한 비즈니스 모델의 변화를 위한 운영 재구성이다. 통신 사업자는 사용자가 요구에 의한 서비스를 제공받는 것을 가능하게 하기 위해 인터넷 기반 운영에 적응하게 될 것이다.

Huawei는 위와 같이 SoftCOM이 더 많은 수익 모델을 창출하고 운영 비용을 감소하기 위한 통신 산업의 혁명을 가져올 것이라고 전망하고 있다.

Ⅴ. NSN

NSN은 2020년대의 네트워크를 위해 근본적인 혁신이 필요하며, SDN과 NFV를 이용하여 통신 인프라를 클라우드화하여 사용자와 서비스에 최적화된 텔코 클라우드(Telco Cloud) 실현

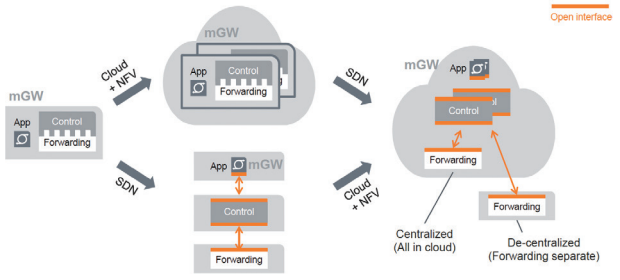

그림 7. 클라우드와 SDN, NFV가 적용된 모바일 게이트웨이

을 목표로 하고 있다. 클라우드와 SDN과 NFV가 통신 인프라에 적용된 예시가 〈그림 7〉에 나타나 있다.

NSN은 NFV 구조의 복잡함을 관리하기 위해 〈그림 8〉와 같이 3계층으로 접근하였다. 3계층은 가상화된 인프라 계층과 어플리케이션 및 관리 계층, 서비스 관리 계층으로 이루어 진다.

NSN의 제품과 솔루션은 주로 어플리케이션 및 관리 계층을 지원한다. 가상화된 인프라 시장을 타겟팅하지 않음으로써 NSN은 어떠한 분쟁도 없이 모든 다른 가상화된 인프라 벤더들을 지원하는데 집중할 수 있다. NSN은 VMware와 Open Stack을 완전히 지원하고 어떠한 가상화된 인프라 벤더와도 협력할 준비가 되어 있다. 어플리케이션의 멀티 벤더간 통합은 표준화된 인터페이스를 사용하여 이루어진다. 이러한 표준화된 인터페이스는 텔코 클라우드의 어플리케이션이 전통적인 네트워크 구성요소와 쉽게 통합되는 것을 가능하게 하였다. 네트워크의 E2E 관리의 핵심 이슈는 네트워크의 전통적인 파트와 텔코 클라우드의 통합이다. 고효율적인 통합을 위해 기존 시스템의 영향을 최소하는 것이 중요하다. 또한, 특정 벤더의 어플리케이션 관리 시스템은 서비스 관리 계층과 함께 통합될 수 있다.

이러한 접근은 멀티 벤더 통합 인터페이스를 최소화하고, 텔코 클라우드가 하이브리드 네트워크에서 지속적으로 존재할 기존의 가상화되지 않은 네트워크 구성요소와 상호 운용되는 것을 가능하게 한다.

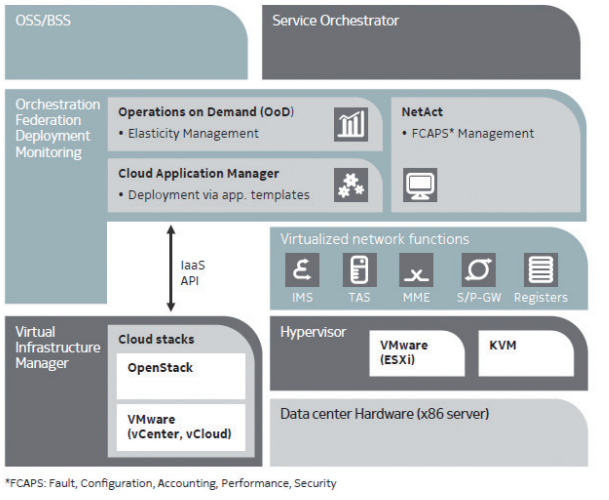

그림 8. 3계층 접근의 주요 구성 요소

Ⅵ. 결 론

본 고에서는 대표적인 5G 기술 개발 프로젝트인 METIS 2020에서의 최종 리포트를 기반으로 SDN과 NFV가 5G 네트

워크 아키텍쳐로의 적용에 대해서 알아보고, 주요 네트워크 장비 업체들의 동향에 대해서 살펴보았다. SDN/NFV가 적용된 5G 이동통신 네트워크는 기존의 네트워크와는 달리 다양한 유즈 케이스 기반으로 동적인 네트워크를 생성하는 형태를 취할 것이다. 이는 기존의 장비가 네트워크 기능과 강력히 결합되어 있는 것과 대비되어 NFV를 통해 소프트웨어적으로 요구 사항에 따라 네트워크 장비 위에 구현될 것이다. 네트워크의 상당 부분이 표준보다는 오픈소스 소프트웨어와 하드웨어로 구축될 확률이 높다. 아울러, 기존의 매크로 네트워크에서 인가 주파수를 사용하던 방식과 함께 비인가 주파수와 기업 네트워크 등의 확산도 예상된다.

참 고 문 헌

[1] METIS Deliverable D.6.4, "Final report on architecture", Jan. 2015.

[2] Ericsson, "Network Functions Virtualization and Software Management", Ericsson white paper, Dec. 2014.

[3] Ericsson, "5G Systems", Ericsson white paper, Jan. 2015.

[4] Ericsson, "The Real-Time Cloud", Ericsson white paper, Feb. 2014.

[5] Huawei, http://www.huawei.com

[6] Nokia Solutions and Networks, "Cloud computing and its relation to SDN and NFV", Mar. 2014.

[7] Nokia Solutions and Networks, "NSN telco cloud is on the brink of live deployment", 2013.

약 력

오 유 미

2014년 경희대학교 컴퓨터공학과 공학사
2014년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야: SDN, NFV, 이동통신

김 철 훈

2013년 경희대학교 전자전파공학과 공학사
2014년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야: SDN, NFV, CCN, 이동통신

이 성 원

1998년 경희대학교 전자계산공학 박사
1998년~1998년 (주)미디어콤 전임연구원
1999년~2008년 (주)삼성전자 책임연구원
2008년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 이동통신 네트워크, MAC계층프로토콜, SDN, CCN, 클라우드 컴퓨팅