

OpenNFV기반 vEPC 구성

김영한, 선경재
송실대학교

요약

본고에서는 최근 활발하게 연구되고 있는 네트워크 가상화 기술인 NFV(Network Functions Virtualization)과 오픈 플랫폼 개발 프로젝트인 OPNFV에 대해 소개한다. 또한 가상화 기반의 이동통신망 구조인 vEPC 구현을 위한 요구사항 및 관련 연구들을 소개하고, 실 구현된 vEPC 테스트베드를 소개한다.

I. 서론

네트워크 기능에 대한 가상화 기술인 NFV (Network Functions Virtualization)는 표준화 단체인 ETSI를 통해 논의가 시작되었다. NFV는 기존 네트워크 내 하드웨어로 구현된 기능을 소프트웨어로 구현하고, 이를 가상화 플랫폼 위에 가상 머신을 통해 제공함으로써 물리적인 자원에 제한을 받지 않고 네트워크 트래픽 및 성능 요구사항에 따라 동적으로 자원을 할당할 수 있다는 장점이 있다[1]. 또한 기존의 특수한 하드웨어가 아닌 범용 서버를 통해 원하는 기능들을 제공할 수 있고, 특정 위치가 아닌 원하는 곳에 네트워크 기능을 쉽게 설치할 수 있기 때문에 장비의 증설 및 유지에 대한 비용을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 특히, 네트워크 내 제어와 전달 기능을 분리하여 네트워크 내 트래픽 경로를 동적으로 재설정 할 수 있는 SDN (Software Defined Networking)과의 통합 플랫폼을 구성하면 가상화된 네트워크 기능들에 대한 논리적인 연결인 Forwarding Graph의 생성과 함께 트래픽 종류에 따른 동적 경로 할당 및 최적화가 가능하다.

SDN/NFV 기술 개발 환경이 가지고 있는 가장 큰 특징은 개방된 개발 생태계를 지향하고 있다는 것이다. 기존의 하드웨어 중심의 기술은 기술력을 보유한 소수의 벤더에 의해서 시장이 주도되었으나, 소프트웨어 중심의 네트워크 기술은 다양한 연구 단체 및 기업의 참여를 통한 오픈 소스 기반의 기술 개발을 수행함으로써 특정 벤더 또는 장비에 대한 의존성을 없애고

범용 하드웨어 플랫폼으로 기능들을 지원하고자 한다. 대표적인 SDN 오픈 소스 개발 프로젝트로는 OpenDaylight 컨트롤러 프로젝트가 있으며, 캐리어급 SDN을 위한 ONOS 등의 프로젝트도 개방형 생태계를 통해 진행되고 있다. NFV 기술과 관련해서는 OpenStack 가상화 플랫폼 기반의 연구들이 많이 이루어지고 있다. 특히, OPNFV (Open Platform for Network Functions Virtualization) 오픈 소스 플랫폼 프로젝트는 ETSI에서 정의된 프레임워크에 대한 개발과 함께 망 사업자들의 요구사항들을 반영하여 추가적으로 필요한 확장 기능에 대한 개발을 진행하고 있다.

SDN/NFV 기반의 새로운 네트워크의 패러다임은 다양한 네트워크 환경에 적용 및 연구되고 있지만, 무선 단말의 증가와 함께 네트워크 인프라 유지를 위해 증가하는 관리 비용에 대한 한계가 문제점으로 발생하는 모바일 네트워크에서 이를 극복하기 위한 핵심 연구 기술을 목표로 유럽, 중국 등의 국가에서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, 기존 4세대 모바일 코어망인 EPC(Evolved Packet Core) 내 네트워크 기능들에 대한 Control/Data 분리 구조와 함께 이동통신망에서 가장 중요한 기능인 단말 이동성 지원을 위해 분산 이동성 관리 기술인 DMM(Distributed Mobility Management) 기술이 함께 연구되고 있으며, SDN 기술을 확장하여 가상화된 코어망 기능의 동적 자원할당에 따른 트래픽 전송 보장을 위한 GTP 터널링 기술을 지원할 수 있는 방법들이 중점적으로 연구되었다. 이러한 새로운 가상화 코어망 기술인 vEPC (Virtualized EPC) 기술은 기존 인프라 및 표준 프로토콜과의 호환성을 유지하는 방식으로 인프라 확장 시 비용 절감의 효과뿐만 아니라 기업망, IoT 수용망 등 다양한 EPC 확장 응용 분야에 사용될 것으로 기대된다.

본 글에서는, SDN/NFV 환경에서의 vEPC 기술을 위한 기존의 연구에서의 제안 내용들과 함께 실제 구축 사례를 소개한다. NFV 플랫폼의 개발을 진행하고 있는 OPNFV의 활동들을 설명하고, vEPC구현 관점에서의 고려사항 및 vEPC 관련 연구들에 대해 소개한다. vEPC 테스트베드는 OpenStack 가상화 플랫폼 위에 구현되어 기능들이 가상 머신으로 동작하며, 상용 무선 액세스와 연동을 통한 3GPP Rel. 12 기반의 코어 네트워크 기능

을 수행한다. 2장에서는 OPNFV 프로젝트에 대해 소개하고, 3장에서는 NFV 기반의 vEPC기술과 관련하여 진행되었던 연구들을 소개한다. 4장에서는 OpenStack기반의 vEPC 테스트베드를 소개한다.

II. OPNFV 소개

OPNFV(Open Platform for NFV Project)는 Linux Foundation 에서 현재 ETSI에서 논의되고 있던 NFV(Network Functions Virtualization)의 솔루션 개발을 촉진하면서 동시에 사업화 하기 위한 플랫폼 구축을 목표로 구성된 오픈 소스 소프트웨어 플랫폼이다[2]. 2014년 9월 공개된 OPNFV는 네트워크 기능 가상화를 통해 물리적인 장비들을 가상화 환경으로 대체 함으로써 서비스 제공업체, 클라우드 인프라 공급업체 등의 사업자에게 비용 측면에서의 절감과 동시에 새로운 비즈니스 모델을 제시하고 있다. 현재 OPNFV구조는 ETSI NFV 에서 제안된 ISG(Industry Specification Groups) 구조를 따르고 있다. 특히 프로젝트 초기인 현재는 <그림 1>에 붉은 색으로 표기된 부분을 집중적으로 활동이 진행 중이다.

현재 프로젝트에서 집중적으로 연구되는 부분은 크게 NFVI와 VIM 이다. NFVI는 물리적 자원인 컴퓨팅, 스토리지, 네트워크 부분을 가상화하여 제공하는 역할을 한다. VIM은 가상화 인프라 관리자로 NFVI를 관리하고 가상환경에서 실행되는 네트워크 기능(VNF) 배포 시 필요한 기능들을 제공하는 역할을 한다. OPNFV는 오픈 플랫폼으로써 프레임 워크와 함께 각 기능간 상호 작용을 위한 인터페이스도 함께 정의 하고 있다. NFVI 에서는 물리적 자원의 관리 및 가상 인터페이스 제공을 위한 VI-Ha(Virtual Network Function Interfaces to the Physical Hardware)인터페이스를 정의 하고 있으며, NFVI와 VIM 간 인터페이스인 Nf-Vi 정의를 통해 가상화 자원의 관

리, 할당, 모니터링 기능을 제공하고 있다. 프레임워크와 더불어 OPNFV에서는 지난 6월 4일 첫 오픈 소스인 Arno를 릴리즈 하였다. 첫 릴리즈 버전인 Arno는 NFVI와 VIM의 초기 구성을 위한 부분을 중심으로 NFV 개발, VNF 어플리케이션 개발 및 유즈케이스를 통한 테스트를 위한 기능 제공을 목표로 하고 있다. 오픈소프트웨어의 첫 릴리즈는 OPNFV에서 진행중인 여러 프로젝트의 진행에도 많은 영향을 줄것으로 예상된다.

현재 OPNFV에서는 체계적인 프레임 워크 개발을 위해 기본 구조를 기반으로 다양한 프로젝트 들이 진행 중이다. <표 1>은 OPNFV에서 진행 중인 프로젝트로써, 기능에 따라 Requirements, Integration & Testing, Collaborative Development, Documentation으로 분류되어 있으며 프로젝트 개발상태에 따라 6가지로 나뉘 진행 중이다.

표 1. OPNFV 내 진행 중인 프로젝트

	Proposal	Incubation
Requirements	<ul style="list-style-type: none"> · Availability · VNF Forwarding Graph 	<ul style="list-style-type: none"> · Doctor · Copper · Promise · DPACC · Prediction · Resource Scheduler · Movie · Multisite · Escalator
Integration and testing	<ul style="list-style-type: none"> · Qtip 	<ul style="list-style-type: none"> · Octopus · BGS · IPv6-enabled OPNFV · vSwitch Performance · OSCAR · Pharos · FuncTest · Parser · Yardstick
Collaborative Development		<ul style="list-style-type: none"> · Software Fastpath · Service Quality Metrics
Documentation		<ul style="list-style-type: none"> · OPNFV Documentation

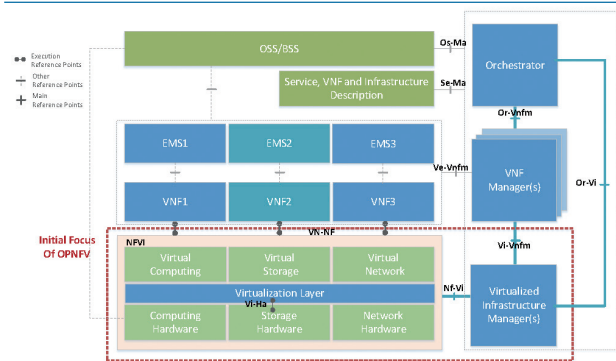


그림 1. ETSI NFV 프레임워크 및 OPNFV 개발 범위

지금까지 진행된 프로젝트들은 전체적으로 초기 단계로 OPNFV 관련 필요사항에 관한 프로젝트들과 통합 및 테스트, 관련 툴에 대한 생성관련 프로젝트들을 위주로 제안되고 있다. Requirement 관련 프로젝트로는 현재 총 11개의 프로젝트가 진행 중이다. 먼저 Doctor 프로젝트는 가상 머신의 고장 관리 및 VNF 복원 절차를 위한 프로세스를 정의하는 프로젝트가 진행 중이며, 데이터 수집을 통해 발생 가능한 시스템 고장을 예측하기 위한 Prediction 프로젝트도 함께 진행 중이다. 이 두 가지 프로젝트는 서로 연관관계가 있어 Fault Management를

위한 전체적인 구조에서 각 프로젝트와의 연계 부분을 논의하고 있다. Copper 프로젝트는 가상 인프라 구조에서의 정책관리를 위한 구조 연구 프로젝트로 기존에 진행중인 오픈소스 프로젝트(ex, OpenStack Congress, OpenDaylight Group-Based Policy)를 이용하는 방법도 고려하고 있다. 또한 각 VNF간 동적이고 빠른 포워딩 그래프 작성을 위한 OpenStack 기반의 VNF FG 프로젝트와 VNF 데이터 플레인의 속도 향상을 위한 일반적인 프레임워크 설계를 목표로하는 DPACC 프로젝트가 진행되고 있다. 이 외에도 멀티 도메인을 고려한 Multisite 프로젝트, 서비스의 끊김이나 지연 없이 NFVI, VIM의 기능 업그레이드를 위한 escalator 프로젝트, VIM에서의 Northbound Interface 확장을 통해 기존 Ochestrator 및 VNF 관리자의 기능을 단순화 하고 여러 프로젝트와의 연계 방안을 고려하는 Movie등이 있다.

OPNFV에서 진행되는 프로젝트 중에서, 특히 이동통신 사업자 및 이동통신망을 위한 프로젝트들도 활발하게 연구되고 있다. Doctor 프로젝트와 Prediction 프로젝트는 데이터 수집을 통해 상태를 모니터링하고 가상 머신의 빠른 이동을 통해 Fault Management를 목표로 하고 있는데 이는 통신망 구성시, 하나의 구성 장치의 고장이나 이상 동작 전체의 망에 영향을 줄 수 있기 때문에, 망의 안정적 운용을 위해서는 Doctor 프로젝트와 Promise 프로젝트와의 연계를 통한 망 안정성 확보가 필요할 것으로 예상된다. 또한 필요한 자원들을 효율적으로 할당하고 관리하기 위해서는, 스케줄러 관리 구성 프로젝트인 RS(Resource Scheduler)와의 연계를 통해 한정된 망 내 자원의 효율적 재분배를 고려해야 할 것으로 예상된다. 이외에도 기능적 확장을 위해 각 이동통신망 내 장치가 가지는 현재 서비스 상태에 대한 종합적인 관리 및 모니터링을 위한 개별적 기능과 망의 이상 발생시, 지속적인 서비스를 위한 마이그레이션 기능 등의 연구도 필요할 것으로 예상된다.

III. vEPC 관련 기술

SDN/NFV 기반의 vEPC 기술은 기존의 EPC 기능들(S-GW, P-GW, MME 등)을 가상화 플랫폼 위에 구현하여 트래픽의 증가/감소에 따른 유연한 스케일링을 통한 네트워크 자원의 효율적인 관리 및 Control/Data 분리 구조를 통해 트래픽 분산 및 동적인 트래픽 경로 설정을 가능하게 하는 것을 목표로 한다. 그러나 기존의 EPC 내에는 많은 엔티티들과 이를 연결하는 복잡한 인터페이스 및 프로토콜들이 사용되고 있기 때문에 vEPC 구현에 있어서 고려해야 할 사항들이 많다. 특히, 모바일 네트

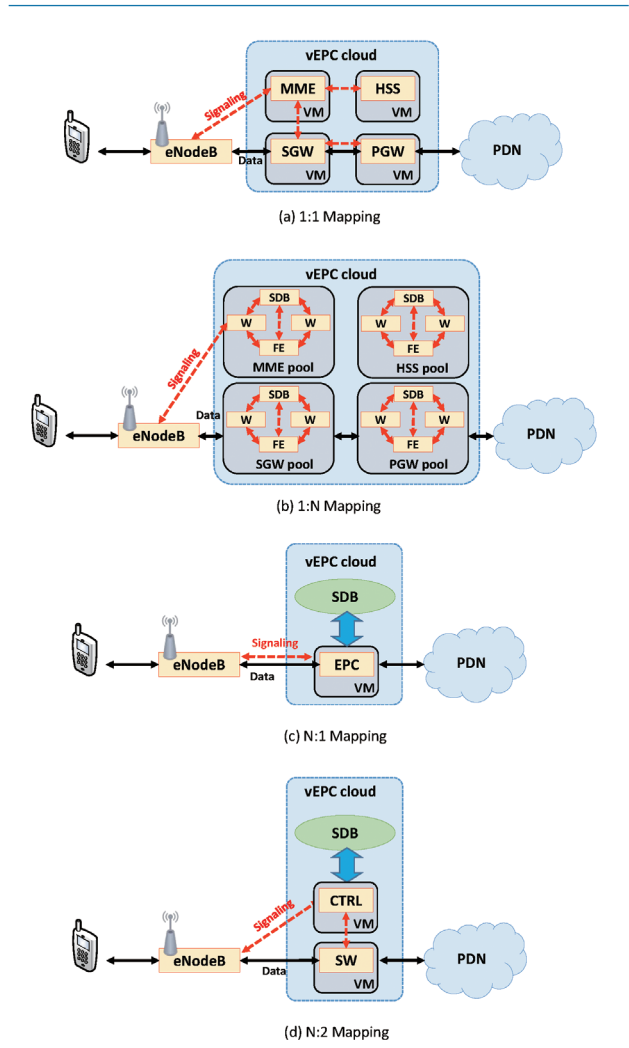


그림 2. [3]의 EPCaaS 참조 모델

워크의 특성 상 단말에 대한 이동성 지원과 함께 네트워크 안정성 및 차별화된 QoS 지원 등의 문제들은 가상화 기반의 환경에서 해결해야 할 과제이다.

[3]은 클라우드 환경에서의 새로운 이동통신 네트워크를 연구하였는데, EPC 기능을 가상화 환경에서 제공할 수 있는 서비스 플랫폼으로서 EPCaaS (EPC as a Service)라는 용어를 정의하였다. <그림 2>는 기존 이동통신망의 기능들을 서비스 종류에 따라 다양한 형태로 재구성하고 이를 제공할 수 있는 모델에 대해 분석한 것으로, 가상화 환경 내에서는 기존의 복잡한 인터페이스 및 프로토콜들을 그대로 사용하는 것이 아닌 서비스에 따라 통합 또는 분산하여 제공할 수 있다는 것을 보여준다. 서비스 형태로 제공되는 EPC 기능들은 그 특성에 따라 컨트롤 기능과 데이터 전달 기능으로 나눌 수 있는데, 각 기능들 중 어느 기능을 가상화 플랫폼 위에 올리고, 어느 기능들을 물리 장비에서 동작하는가에 대한 분리 구조에 대해 연구하였다[4]. <그림 3>

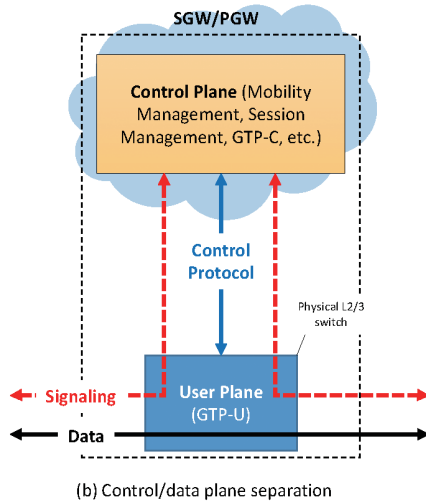
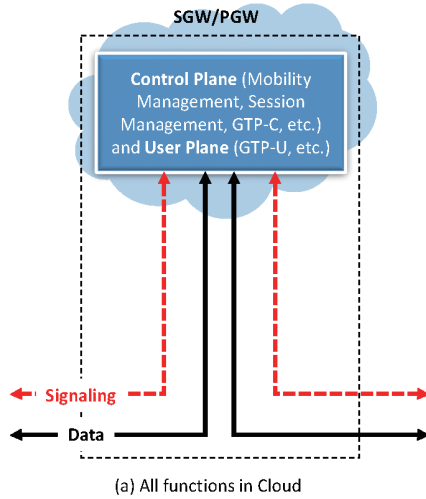


그림 3. [3]에서의 Control/Data 분리 가상화 구조

에서와 같이, 가상화 환경 위에 제어 기능 및 데이터 전달을 위한 기능이 전부 올라가는 경우에는 물리적인 자원에 대한 의존성은 감소하지만, 가상화 플랫폼으로의 트래픽 부하 발생과 소프트웨어 기능 수행에 의한 지연시간 및 성능 저하의 문제를 야기할 수 있다. 또한 각 기능들을 물리 장비와 가상화 플랫폼에 적절히 분배하지 못하면, 기능들 간의 정보 교환 및 이벤트 처리를 위한 불필요한 트래픽이 증가할 가능성도 있다. 따라서, EPC가 지원할 수 있는 기능 (이동성 관리, GTP 터널, 인증 및 보안 등) 중에서 어떠한 기능들을 물리 장비에 두어 효율적으로 가상화 서비스를 제공할 수 있을지에 대한 정의 및 이에 따른 분석이 필요하다.

vEPC 구현과 관련한 또 하나의 이슈는 데이터 트래픽 전달에 관련된 것으로, 기존 EPC에서는 각 이동성 관리 및 단말 세션 연결성 보장, QoS 지원등을 위해 GTP 프로토콜 기반의 터널을

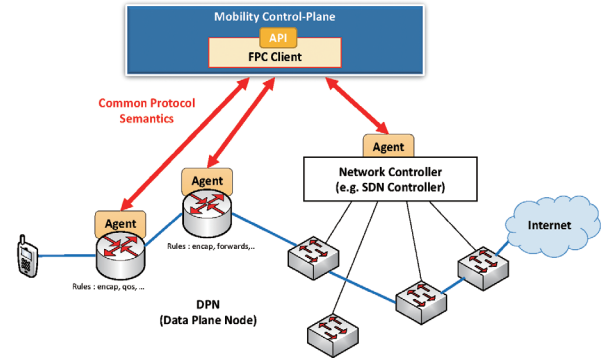


그림 4. DMM WG에서 논의중인 Control/Data 분리 구조[6]

생성하였다. 가상화 기반의 vEPC 구현에서는 이를 SDN 기반의 경로 설정을 통해 GTP프로토콜을 지원하는 방안들이 연구되고 있다[4][5]. 이러한 연구들은 물리 장비 내에 하드웨어 또는 소프트웨어적으로 GTP encapsulation 기능을 구현하거나, OpenFlow 프로토콜 내 GTP 정보를 전달하여 이를 적용할 수 있도록 수정하는 방안들을 연구하였다. vEPC에서 논의되고 있는 또 하나는 분산형 이동성 관리 기술로써, 기존의 P-GW로 집중되었던 트래픽을 가상화 기반 환경 내 Control/Data 분리 구조를 이용하여 데이터는 액세스 네트워크 가까운 곳에서 바로 외부와 통신할 수 있도록 하는 기법들이 연구되고 있다.

특히, IETF의 DMM 그룹에서는 분산형 이동성 관리와 관련하여 이동성 제어 기능과 데이터 전달 영역 사이의 인터페이스를 정의하고, 이를 통해 이동성과 관련된 메시지를 전달할 수 있도록 일반적인 범위의 프로토콜을 정의하였다[DMM FPC protocol]. <그림 4>는 DMM WG에서 고려하는 네트워크 구조로써, 각각의 DPN(Data Plane Node)들은 상위 Control Plane으로부터 논리적인 포트 및 해당 포트에 할당된 특성들을 규칙으로 적용하여 네트워크 내 트래픽을 처리하고 이동성을 지원할 수 있도록 하였다.

IV. vEPC 테스트베드

본 장에서는 OpenStack 기반의 vEPC 테스트베드를 소개한다. 가상화된 EPC 기능들은 OpenStack 가상화 플랫폼 위에서 동작하며, 액세스 네트워크 내 LTE 접속장비인 eNodeB, Femto를 통해 단말과 연동되는 동시에 WiFi AP를 통하여 통신망 내 WLAN 접속을 가능하게 하였다.

<그림 5>는 OpenStack 기반 vEPC 테스트베드의 전체 구조를 나타낸다. 소프트웨어로 구현된 EPC 기능들은 총 4개의 가상 머신으로 동작하며 3GPP Rel. 12의 표준 동작으로 지원한

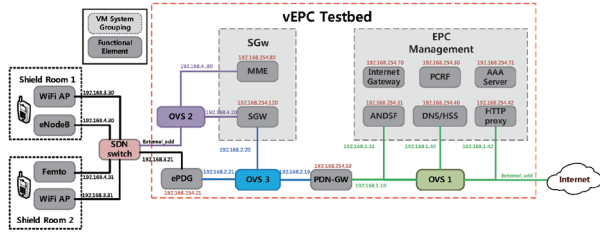


그림 5. OpenStack기반 vEPC 구성도

다. 각 기능들 사이의 네트워크는 OpenStack 내 구현 가능한 가상 스위치인 OVS(Open vSwitch)로 연결되어 있다. 하나의 가상 머신에서 여러 개의 EPC 기능들이 동작하고 있기 때문에 가상 머신 내 각 기능들에 대해 IP 주소를 할당하였으며, 표준 인터페이스를 위한 네트워크 외에 기능들 간에 직접 통신할 수 있도록 별도의 네트워크 인터페이스를 생성하였다. vEPC에 무선 단말을 직접 연결하기 위해, 소프트웨어로 구성된 eNodeB 및 무선 신호 수신이 가능한 USRP 장비를 연동하였으며, 국내 상용 Femto AP를 추가적으로 연결하여 vEPC가 표준 동작 내에서 다양한 장비들과 호환이 가능함을 검증하였다. LTE 액세스 외에 추가적으로 WiFi AP를 vEPC 기능 내 ePDG와 연동하여 WiFi를 통해서 코어 네트워크로의 접속 동작을 검증하였다. 이 뿐만 아니라, 추후 SDN 컨트롤러와의 연동을 위한 SDN 스위치를 vEPC 서버와 액세스 장비 사이에 설치하여 동적인 경로 설정을 통한 데이터 전달 최적화를 시험할 수 있도록 구성하였다. 추가적으로 국내 이동통신망 주파수와의 간섭을 위한 차폐공간을 설치하여 단말의 접속을 원활하게 지원할 수 있도록 구성하였다.

V. 결론

본 글에서는 최근 새로운 네트워크 기술로 확산되고 있는 SDN/NFV 기술을 이동통신 코어망인 EPC 네트워크에 적용하는 기술에 대해 소개하고, OpenStack 기반으로 구축한 vEPC 테스트베드를 소개하였다. 또한, 현재 NFV와 관련하여 실제 구현 및 확장 연구를 수행하고 있는 OPNFV 활동들을 소개하며 vEPC 기술에 적용할 수 있는 기술 연구에 대한 필요성에 대해 제시하였다. 가상화 환경 및 소프트웨어 기반의 네트워크 기술로의 진화는 5G 핵심 기술 요소로서 앞으로도 지속적인 연구를 통해 성능 개선 및 이동통신망에 특화된 다양한 확장 기술들이 등장할 것으로 기대된다. 또한 IETF, ETSI 등 표준화 단체들을 통한 분산 이동성 관리 기술 또는 가상화 관련 표준 인터페이스 등이 지속적으로 연구될 것이다. 현재 구축된 OpenStack

기반의 vEPC 테스트베드는 표준 인터페이스에 대한 지원 및 가상화 머신 관리의 효율성을 제공하고 있으나, 다양한 트래픽을 선별적으로 처리하고 사용자 또는 네트워크 상황에 맞게 능동적으로 대처할 수 있기 위한 확장이 필요하다. 이를 위해서 Control/Data 분리를 통한 SDN기반의 경로 최적화, 단말 또는 네트워크 기능들의 상태 정보에 따른 마이그레이션 및 미들박스 연계를 통한 Service Function Chaining 구현 등이 추가로 진행될 것이다.

참고 문헌

- [1] ETSI, "Network Functions Virtualisation," White paper, 2015. (<http://www.etsi.org>)
- [2] OPNFV, "Technical Overview," Web document. (<http://www.opnfv.org>)
- [3] Taleb, Tarik, et al. "EASE: EPC as a service to ease mobile core network deployment over cloud." IEEE Network, vol. 29, no. 2, pp.78–88, 2015.
- [4] An, Xueli, Wolfgang Kiess, and David Perez-Caparros. "Virtualization of cellular network EPC gateways based on a scalable SDN architecture." IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), pp. 2295–2301, 2014.
- [5] Heinonen, Johanna, et al. "Dynamic tunnel switching for SDN-based cellular core networks." ACM Proceedings of the 4th workshop on All things cellular: operations, applications, & challenges, pp. 27–32, 2014.
- [6] M. Liebsch, et al. "Protocol for Forwarding Policy Configuration (FPC) in DMM", IETF Internet-draft, draft-wt-dmm-fpc-cdpd-00, 2015. (<http://www.ietf.org>)

약 력



선 경 재

2013년 송실대학교 정보통신전자공학 학사
 2013년~현재 송실대학교 정보통신공학부
 석박통합과정
 관심분야: 소프트웨어 정의 네트워크(SDN),
 이동성 관리, 이동통신망, 네트워크 기능
 가상화 (NFV)



김 영 한

1984년 서울대학교 전자공학 학사
 1986년 한국과학기술원 전기전자공학 석사
 1990년 한국과학기술원 전기전자공학 박사
 1994년~현재 송실대학교 교수
 2009년~현재 한국통신학회 상임이사
 관심분야: 소프트웨어 정의 네트워크(SDN),
 이동성 관리, 센서 네트워크, 네트워크
 기능 가상화 (NFV)