네트워크 기능 가상화/소프트웨어 정의 네트워킹 기반 가상 EPC 도입 및 진화

(Introduction and Evolution of Network Function Virtualization/Software Defined Networking-based virtual EPC)[1]

최낙중, 황재현

Bell Labs, Alcatel-Lucent, Seoul, Korea

{nakjung.choi, jh.hwang}@alcatel-lucent.com

요 약

최근 분산 클라우드 환경, 네트워크 기능 가상화(Network Functions Virtualization; NFV) 및 소프트웨어 정의 네트워킹(Software Defined Networking; SDN) 기술의 등장은 모바일 코어 네트워크인 EPC (Evolved Packet Core) 진화에도 영향을 주고 있다. 즉, EPC 기능 가상화를 통한 CAPEX/OPEX 절감뿐만 아니라 혁신적인 서비스 개발 및 적용이 용이한 모바일 코어 네트워크 구조로 진화하고 있다. 본 논문에서는 EPC 기능 가상화 도입 배경 및 구현 시 고려사항을 살펴보고, 모바일 네트워크 사업자의 현실적인 상황을 고려했을 때 어떤 형태로 가상 EPC 기능이 활용될 수 있는지 적용 가능한 시나리오를 정의한다. 또한, 실제 가상 EPC 기능 중 S/P-GW 기능을 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN) 기반의 데이터/제어 분리 구조로 확장, 구축한 테스트베드를 소개하고, 사용자가 통신할 때 데이터 평면에서 어떻게 GTP (GPRS Tunneling Protocol)터널을 처리할 수 있는지 기본적인 동작 방식을 기술한다. 마지막으로, 차후 분산 가상 EPC 환경에서 사용자의 끊김 없는 이동성 지원을 위한 이슈도 살펴봄으로써 향후 발전 방향을 논의한다.

Keywords: Network Functions Virtualization (NFV), Software Defined Networking (SDN), Evolved Packet Core (EPC), Distributed Cloud

1. 4G 모바일 코어 네트워크 EPC

EPC (Evolved Packet Core) [1]는 패킷 기반의 실시간 및 비실시간 서비스를 위한 통합 프레임워크로 3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release 8 표준에서 정의된, LTE (Long Term Evolution) 기술을 위한 고성능, 고용량의 새로운 all-IP 모바일 코어 네트워크이다. 기존 모바일 네트워크(2G/3G)에서 음성을 위한 서킷 스위치(Circuit-Switched; CS)와 데이터를 위한 패킷 스위치(Packet-Switched) 형태로 분리 제공되었던 모바일 코어 기능을 하나의 IP 도메인에서 통합된 형태로 제공한다. 즉, 4G 네트워크는 종단간(IP 기능이 있는 사용자 모바일 장비 - IP 기반 LTE 기지국(eNB) - EPC - 응용 도메인(IMS (IP Multimedia Subsystem) 및 non-IMS)) all-IP 기반의 수평 구조(flat

[1] This work was supported by the ICT R&D program of MSIP/IITP, Republic of Korea. [2014-044-011-003, Open Control based on Distributed Mobile Core Network]

architecture)로 기술된다(그림 1). 여기서 EPC 는 종단간 IP 서비스 제공을 위한 필수적인 구성 요소로 새로운 비즈니스 모델 개발 등 혁신적인 서비스나 응용의 도입을 가능하게 한다. 모바일 네트워크 구조의 진화 관점에서 EPC 는 제어(control) 및 데이터(data) 평면(plane)을 분리시키고, 모바일 데이터 구성 요소 사이의 계층 구조를 간소화시킨 수평적인 IP 구조(예를 들어, 기지국으로부터의 데이터 연결은 EPC 게이트웨이만 통과함)를 통하여 네트워크 성능을 향상시킨다.

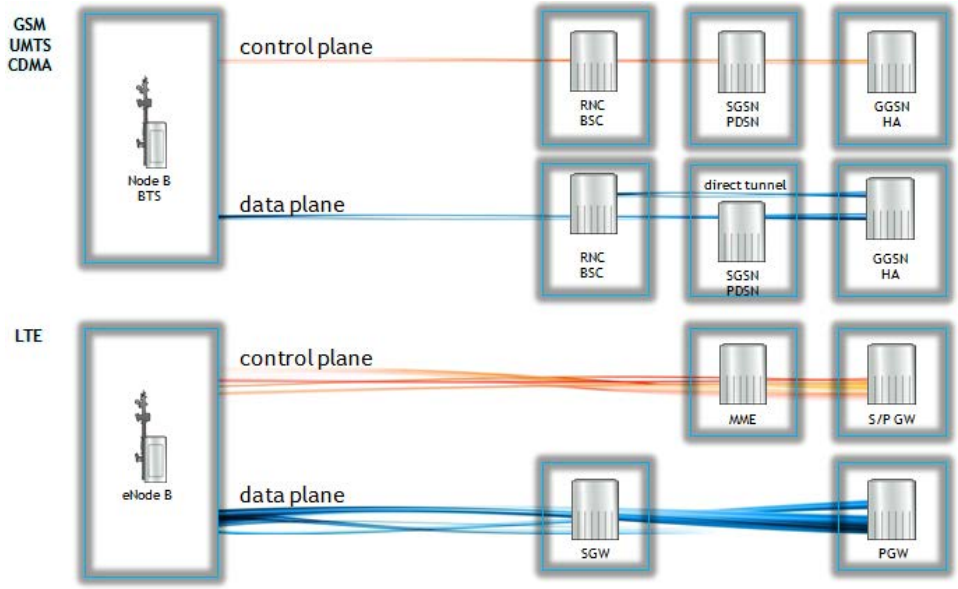

그림 1. 2G/3G 네트워크 구조 vs. 4G 네트워크 구조

EPC 구성 요소의 정확한 정의는 네트워크 장비 벤더에 따라 다소 차이가 있으나 공통적으로 S-GW (Serving Gateway), P-GW (Packet Data Network Gateway), MME (Mobility Management Entity) 기능을 포함하고, 추가적으로 PCRF (Policy and Charging Rules Function) 기능이 포함되기도 한다. 간략히 각 구성 요소의 기능을 살펴보면, S-GW 는 데이터 평면 구성 요소로, 지역(local) 이동성 앵커로서 사용자 이동성을 관리하고 RAN (Radio Access Network)과 코어 네트워크 사이의 경계 지점으로서의 역할을 수행하며 기지국과 P-GW 사이의 데이터 경로를 유지한다. P-GW 는 데이터 평면 구성 요소로 IP 앵커 포인트 역할을 수행한다. 즉, 외부 네트워크(예를 들어, 인터넷, IMS 코어, 그 외의 데이터 네트워크)와 사용자 단말 간 데이터 전달을 담당하고 있으며, 모바일 네트워크 사업자의 서비스 에지(edge)로서 고속의 패킷 처리가 일어나는 지점이다. 베어러(bearer) 생성과 종료, 패킷 inspection/filtering, policy enforcement, accounting, reporting 등의 작업을 수행한다. S/P-GW 는 데이터 평면 구성 요소이기는 하나 이동성 관리 등 제어 평면 구성 요소로서의 역할도 수행한다. MME 는 제어 평면 구성 요소로, 각 사용자 단말에게 적절한 S-GW 할당, 네트워크에서 베어러 채널 설정 조율, 사용자 단말 추적(tracking) 및 사용자 단말이 이동함에 따라 네트워크 자원 할당/최적화, HSS (Home Subscriber Server) 연동을 통한 사용자 인증, 사용자 단말과 네트워크 사이의 보안 관리 제공 등의 역할을 수행한다. PCRF 는 3GPP Release 7 표준에서 정의된 새로운 네트워크 노드로 PDF (Policy Decision Function) 및 CRF (Charging Rules Function) 기능의 진화된 형태이다. 3GPP Release 8 표준에서 WiFi (Wireless Fidelity), 유선 IP 광대역 네트워크 같은 비 3GPP 엑세스까지 PCC (Policy Charging and Control) 기능을 확장, 개선하였다.

최근 다양한 멀티미디어 서비스, QoE (Quality of Experience) 향상에 대한 요구, VoLTE (Voice over LTE), M2M (Machine-to-Machine) 같은 새로운 서비스가 등장함에 따라 모바일 네트워크 사업자들은 서비스의 품질 저하 없이 가능한 저비용으로 예상할 수 없는(unpredictable) 사용자 요구를 더욱 효율적으로 다루고, 신속한 서비스 개발/혁신 및 확장을 지원하는 네트워크 구축을 원하고 있다. 따라서 모바일 네트워크 사업자들은 모바일 광대역 서비스의 동적이고도 예측할 수 없는 특성에 더욱 효율적으로 대응하기 위한 기술로서 네트워크 기능 가상화(Network Functions Virtualization) [2] 기술에 많은 관심을 가지고, 다양한 측면에서 적용 가능성을 검토하고 있다. NFV

기술은 네트워크 기능(예를 들어, S/P-GW, CDN (Content Delivery Network), DPI (Deep Packet Inspection) 등)을 전용 하드웨어 플랫폼 기반 기기(appliance)에서 범용 컴퓨팅 플랫폼 기반의 소프트웨어로 구현/동작시키는 것을 목표로 네트워크에 혁신을 가져올 수 있는 속도를 향상시키면서도 그 비용을 줄일 수 있다. 표준화 측면에서는 ETSI (European Telecommunication Standards Institute) NFV ISG (Interest Study Group) [2]에서 글로벌 모바일 네트워크 사업자 및 네트워크 장비 벤더 사이에 대표적인 네트워크 기능을 가상화하기 위한 다수의 PoC (Proof-of-Concept)가 진행 중이다. 특히, 다수의 모바일 네트워크 사업자가 상용화를 계획 중인 첫 번째 네트워크 기능으로 IMS 기능과 EPC 기능을 고려하고 있다. 본 논문에서는 이 중 가상 EPC (virtual EPC; vEPC) 기능에 대하여 살펴본다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 EPC 기능 가상화의 동기(motivation), 적용 후보 구성 요소 및 구현 시 고려사항을 살펴보고, 3 장에서는 산업계의 움직임에 기반한 향후 vEPC 기능의 적용 가능한 예상 시나리오를 살펴본다. 4 장에서는 현재의 NFV 기반의 vEPC 기능에 SDN 기술을 S/P-GW 구성 요소에 적용한 테스트베드 환경과 데이터 평면에 대표적인 소프트웨어 정의 네트워킹 기술인 OpenFlow 기술 적용 방법을 소개하고, 마지막으로 5 장에서 결론 및 향후 연구 계획을 논의한다.

2. EPC 기능 가상화 배경 및 요구사항

본 장에서는 모바일 코어 네트워크 기능 가상화의 도입 배경과 후보 구성 요소의 특성에 따른 적용 가능성을 분석한다. 또한, 가상 EPC 기능 구현 시 고려해야 하는 주요한 기술적인 요구사항을 살펴본다.

2.1 가상 EPC 모델의 동기 및 가상화 후보 구성 요소

초창기 네트워크 기능 가상화(NFV) 모델에 대한 논의는 다량의 범용 하드웨어 사용에 따른 장비 비용 절감과 가상 네트워크 기능을 통한 장비 사용 효율성 증대와 자동화에 따른 운용 비용 절감이 주를 이루었다. 하지만 자세히 들여다 본다면, 장비 비용이 중요하지 않다는 것은 아니지만 모바일 코어에서는 네트워크의 다른 부분과 비교하여 우선 순위가 낮다고 할 수 있다. 이는 이미 EPC 장비의 하드웨어 비용이 대략 30% 정도만 차지하고 있고, EPC 자체가 전체 네트워크 장비 비용에서 상대적으로 작은 비중을 차지하고 있기 때문이다. 이에 비해 운용 비용 측면에서는, 특히 EPC 정의를 Gi/SGi 응용과 다른 코어 가상 네트워크 기능까지 확장한다면 확실히 이득이 된다. 모바일 코어 네트워크에서 (특정 벤더에 대한 lock-in 피하기 위해서) 다른 벤더로부터 제공되는 하드웨어/소프트웨어의 다양성은 유지, 관리 관점에서는 또 다른 오버헤드이지만 네트워크 기능 가상화 모델에서는 자동화를 통해 해결할 수 있다. 또한, 장비 비용 및 운영 비용 외에도 가상 EPC 기능을 통해 얻을 수 있는 잠재적인 이득은 신속하고 유연한 서비스 개발 및 적용, 탄력적인(elastic) 용량 조정, 서비스 체이닝, 네트워크 슬라이스, SDN 기술과의 연동 등이 있다. 현재 다양한 모바일 코어 기능이 가상화를 위한 후보 구성 요소로 고려되고 있으며, 수년 내에 전체 모바일 코어를 완전히 가상화여 기존 EPC 장비 정도의 성능, 기능과 동일한 수준으로 운영하는 것이 가능할 것으로 예상된다.

모바일 코어 기능은 크게 데이터 평면 노드(S/P-GW 등), 제어 평면 노드(MME, Policy, IMS 등), Gi/SGi LAN (Local Area Network) 기능으로 분류할 수 있다.

제어 평면 기능은 이미 대부분 오늘날 x86 기반 서버 플랫폼에서 동작하고 있어 기술적으로는 가상화 계층에서 동작할 수 있도록 수정하면 되기 때문에 상대적으로 명확하고, 따라서 기본적으로 가상화에 적합하다고 볼 수 있다. 정책이나 IMS 응용 서버는 가상화를 위한 첫 번째 기능으로 고려되고 있으며, 아직 IMS 기반 구조로 가지 못한 모바일 네트워크 사업자들은 가상화 버전에 많은 관심을 보이고 있다. MME 기능은 좀 다른 경우로, EPC 기능 중 가장 중요하다고도 할 수 있는 구성 요소이다. MME 기능에 과부하로 인한 고장이나 서비스에 문제가 생긴다면 서비스 제공에 심각한 결과를 초래하기 때문에 모바일 네트워크 사업자나 벤더는 초기에는 보수적인 입

장을 고수하고, 대신에 단기 대안으로 MME 풀링 기능을 도입할 가능성이 높다. 그러나 급격하게 사용량이 증가할 경우 동적으로 용량 증설이 가능하고 근본적으로 유연성과 장애 복구에 적합한 방식이기 때문에 몇몇 네트워크 장비 벤더는 장기적으로는 가상 MME 기능이 MME 풀링 기능보다 더 좋은 대안이 될 수 있다고 생각하고 있다.

데이터 평면 기능과 관련해서 S/P-GW 기능을 가상화하는 것은 제어 평면 기능을 가상화하는 것보다 안정적인 고속 패킷 처리가 요구된다는 측면에서 훨씬 어렵다고 할 수 있다. 일반적으로 게이트웨이는 데이터 평면 성능 최적화를 위해 CPU 프로세서가 장착된 전용 라인 카드를 사용하는 에지 라우터 혹은 ATCA (Advanced Telecom Computing Architecture) 플랫폼 상에서 구현된다. 다수의 벤더들이 이미 전통적인 플랫폼 상에서도 멀티 기능 동작을 지원하고 있기 때문에 소프트웨어를 통해 GGSN (Gateway GPRS Support Node), P-GW, S-GW 등으로 설정할 수 있다. 이는 이미 가상화의 한 형태로 볼 수 있으며, 게이트웨이는 N+1 redundancy 및 효율성을 위해 풀에서 이런 형태로 동작하고 있다. 따라서 기술적인 관점에서 이런 구성 요소를 가상화하는 것은 어렵지 않으나 가상 네트워크 기능이 성능 요구 사항을 만족하는 것은 쉽지 않은 문제이기 때문에 설계 단계에서부터 신중하게 고려해야 한다. 예를 들어, 가장 큰 유럽 모바일 코어 네트워크에서 최대 50Gbit/s 정도의 트래픽이 발생하는데 표준 4 코어 서버 블레이드가 대략 5Gbit/s 정도의 트래픽을 처리할 수 있기 때문에, 트래픽이 다수의 지점에서 분산이 가능하다면 가상 EPC 모델이 충분히 동작할 수 있다는 분석이 가능하다. 다만, 서버 플랫폼에서 패킷 처리는 아직 충분히 안정적이지 않기 때문에(부하 등의 요소 때문에 안정적인 패킷 처리 속도를 제공하지 못함) 모바일 네트워크 사업자들도 이 부분을 걱정하고 있다. 따라서 첫 번째 가상 EPC 적용 시나리오는 기존에 구축된 모바일 네트워크 인프라에 큰 영향 없이 독립적으로 운용이 가능한 기업(enterprise)이나 M2M 같은 부하가 크지 않는, 새로운 전용 EPC 사업 모델에 활용될 가능성이 클 것으로 예상된다.

대부분의 모바일 코어 네트워크에는 3GPP 코어와 외부 네트워크/서비스 사이에, 특히 SGi 인터페이스에 다양한 기기(appliance)들이 위치한다. 다양한 기능을 제공하는 미들 박스 형태의 솔루션들이 존재하게 되고 복잡한 설정이 필요한 부분이다. 대부분의 설정이 수동으로 이루어지며, 특정 APN (Access Point Name)에 속한 모든 트래픽이, 즉 특정 미들 박스의 처리가 필요 없는 트래픽도 동일한 처리 경로를 통해야 하기 때문에 장비 운용의 효율성이 떨어진다. 또한, 정확히 말하면 3GPP 표준에서 정의된 EPC 기능은 아니고, 일반적으로 EPC 기능보다는 서비스 제공에 있어 큰 영향을 미치지는 않기 때문에 모바일 네트워크 사업자들은 새로운 솔루션을 적용하는데 부담이 덜하다. 따라서 가상화 기술을 적용하기에, 특히 플로우 수준의 트래픽 라우팅을 가능하게 하는 서비스 체이닝이라는 SDN 기술과 함께 적용하기에 적합한 부분이라고 할 수 있다. 그러나 모든 모바일 네트워크 사업자가 관심이 있는 것은 아니다. 일부는 DPI, TCP 성능 최적화와 같은 기능을 게이트웨이 자체에 구현함으로써 이미 모바일 코어 네트워크와 인터넷과 같은 외부 네트워크 사이에 방화벽만이 동작하는 단순한 SGi 인터페이스를 운용하고 있다.

2.2 가상 EPC 기능 구현 시 고려사항

가상 EPC 기능을 구현할 때 어떻게 EPC 소프트웨어를 벤더 하드웨어 플랫폼에서 가상화 환경으로 포팅할 건인지, 어떤 소프트웨어들이 클라우드를 충분히 활용하기 위해 처음부터 재설계를 해야 하는지가 논쟁 거리가 될 수 있다. 대다수의 모바일 네트워크 사업자들이 중요한 이슈로 생각하고 있으며, 몇몇 가상 솔루션을 테스트해 본 결과 일반적으로 기존 (하드웨어 기반) 솔루션에 비해 단순히 기존 소프트웨어의 포팅은 성능이 좋지 않았기 때문에 클라우드 환경에 최적화하여 운용하기 위해서는 새롭게 설계해야 한다고 생각한다. 단순한 응용의 경우에는 문제가 되지 않지만, EPC 같은 주요 인프라에서는 큰 문제가 될 수 있고, 특히 고성능을 요구하는 데이터 평면의 경우(예를 들어, P-GW)는 꼭 해결해야 하는 이슈이다. 일반적으로 전용 하드웨어 자원으로부터 최대의 성능을 이끌어 낼 수 있는 소프트웨어와 물리적인 기기에 제한 없이 통합된 인프라 환경에서 동적으로 용량을 조정할 수 있는 소프트웨어 사이에는 설계 단계부터 근본적인 차이가 날 수 있다. 상태 정보 저장을 위해 로컬 저장 장치를 쓰거나 분산 SAN (Storage Area Network) 환경을 활용할 수 있고, 유연한 장애 대응을 위해 1+1 모델을 쓰거나 N+M 모델을 사용할 수 있고, 스케일링을 위해 더욱 강력한 서버를 도입하거나 일반적인 부하 분산 기술과 함께 소프트웨어적

으로 용량을 증설할 수 있고, 구성 요소 간 통신을 위해 RPC (Remote Procedure Call), 공유 메모리, 메시지 전달을 사용하거나 웹 서비스 API (Application Programming Interface)를 사용할 수 있다.

가상 EPC 기능 적용 시, 저지연, 충분한 용량의 전송이 가능하다면 제어 평면 기능들은 대규모의 중앙 집중 데이터센터에서 동작이 가능하지만, 데이터 평면의 경우 고속의 안정적인 패킷 처리에 대한 요구 사항 때문에 문제가 복잡해진다. 기본적으로는 COTS (Commercially Off-The-Shelf) 서버를 데이터 평면을 위해 사용할 수도 있다. 단순히 낮은 처리율이 문제가 된다면 COTS 서버의 낮은 비용 덕택에 더 많은 COTS 서버를 추가하여 해결하는 것이 가능하다. 그러나 안정적인 고속 패킷 처리(예를 들어, S/P-GW)가 이슈라면 범용 CPU 상에서 하이퍼바이저(hypervisor)를 사용하는 솔루션만으로는 성능 보장이 어렵다. 이에 대한 대안으로 SR-IOV (Single Root I/O Virtualization) [3] 혹은 다른 direct I/O 스타일의 메커니즘을 사용하여 가상 머신을 코어와 직접 연결하는 방법이 논의되고 있다. 하이퍼바이저를 우회하는 것은 안정적인 성능 예측(predictability)을 가능하게 하지만 유연성을 떨어뜨리기 때문에 아직 어떤 접근 방식이 더 좋은 솔루션인지에 대한 합의는 없으나 최소한 데이터 평면 기능에 대해서는 SR-IOV 기법이 적용되고 있는 추세이다. COTS 서버의 I/O 성능도 또 다른 이슈이다. 안정적인 고속의 성능이 중요한 P-GW 경우에는 표준 네트워크 인터페이스 카드 만으로는 충분한 성능이 제공되지 않을 수 있기 때문에 이를 해결하기 위한 다양한 방법이 존재하고 그 중 인텔의 DPDK (Data Plane Development Kit) [4] 솔루션이 큰 관심을 받고 있다.

NFV 모델을 도입함으로써 대규모 중앙 집중 데이터센터에서 가상 네트워크 기능을 운용하면서 규모의 경제 효과로 비용을 줄일 수 있고, IT, 웹 스케일 응용, 아마 일부 모바일 네트워크 응용에 대해서도 문제 없이 적용이 가능하다. 그러나 3GPP EPC 표준 관점에서도 이미 3G 패킷 코어에 비해 분산 게이트웨이 구조로의 움직임이 있고, 콘텐트 캐시를 사용자에게 더 가까이 분산 배치하는 방법이 많은 관심을 받고 있다. 따라서 가상 게이트웨이 역시 지연시간, 유연성, 전송 효율성 등의 이유로 분산 NFV 인프라 PoP (Point of Presence), 즉 소규모 데이터센터에 분산 배치될 가능성이 높다. 그렇다면 이런 분산 NFV 인프라 환경에서 어떻게 특정 가상 네트워크 기능이 동작해야 하는지를 정하고, 어떻게 사용자 혹은 서비스가 이동함에 따라 사용자/서비스의 상태를 유지할 것인지가 이슈가 된다. 이는 어떤 자원이 특정 위치에서 I/O, 메모리, compute 측면에서 가용한지, 현재 및 향후 예측 이용률을 알고 있는 orchestration 및 관리 시스템의 역할이다. 서비스나 데이터가 이동될 필요가 있다면 네트워크가 동적으로 연결을 제공해야 하기 때문에 자동화가 필요할 것이고, SDN 기술이 NFV 모델에서 중요한 역할을 할 수 있다. 즉, 가상 EPC 기능이 SDN 기술과 접목된다면, 향후 분산 NFV 인프라 환경에서 적절하게 모바일 코어 네트워크 기능을 배치시킴으로써 성능 최적화가 가능할 것이다(그림 2).

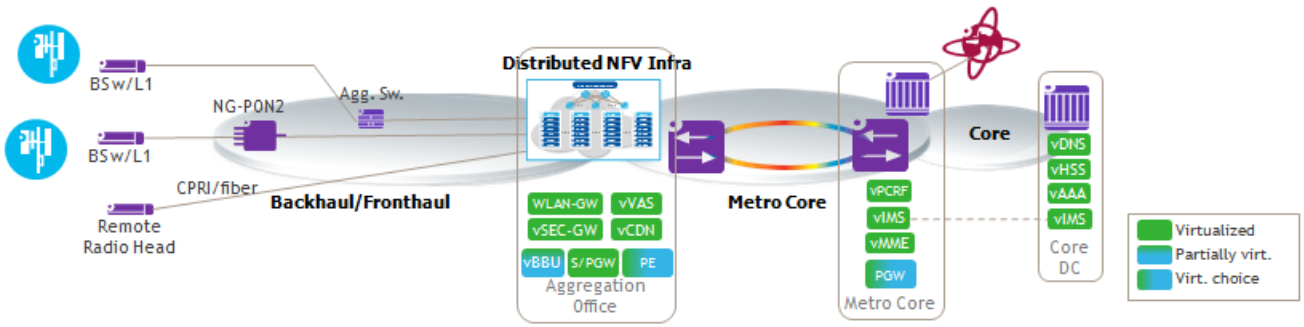

그림 2. 분산 NFV 인프라에서 가상 EPC 기능의 분산 배치 예

3. 가상 EPC 활용 시나리오

기존 모바일 네트워크 장비의 업그레이드 시점을 결정하는데 있어 가장 중요한 요인 중 하나가 모바일 네트워크 사업자의 투자 사이클이다. 최근 다수의 적극적인 모바일 네트워크 사업자들이 이미 EPC 장비를 설치했거나 설치 중에 있기 때문에 단기간에 새로운 가상 EPC 모델로 모바

일 네트워크 구조를 업그레이드 하기는 쉽지 않다. 따라서 본 장에서는 현실적인 상황을 고려했을 때, 향후 개발된 가상 EPC 기능이 어떻게 실제로 활용될 수 있는지 use 케이스 및 deployment 모델을 살펴본다.

3.1 특정 서비스 전용 가상 EPC 시나리오

가장 가능성이 높은 가상 EPC 적용 시나리오는 모바일 네트워크 사업자의 주요 범용 EPC 장비들과 함께, 특정 서비스 타입을 지원하기 위한 병렬 코어 네트워크 모델로 이미 전통적인 모델에서도 사용되고 있다. 예를 들면, 대기업 고객들에게 그들만 사용하는 GGSN 혹은 P-GW 장비가 할당되어 내부 사용자들에 대한 세부적인 제어가 가능하거나 M2M 같은 3rd party 서비스를 제공하는 경우, 해당 서비스를 위한 특정 게이트웨이를 명시한다(실제 에릭슨이 해당 모델을 사용하여 M2M telematics 서비스를 제공). 또한, 몇몇 모바일 네트워크 사업자들은 내부 서비스를 위해 전용 P-GW 장비를 사용하고 있다(VoLTE 서비스 제공을 위해 음성 트래픽은 IMS 코어에 가까운 곳에 위치한 특정 P-GW 장비로 전달). 가상 EPC, 특히 가상 게이트웨이를 통해 동일한 use 케이스를 저비용으로 구현할 수 있고, 더욱 용이하게 모델을 확장할 수 있다. 즉, 병렬 코어에서 돌아가는 서비스의 종류를 확장하고, 서비스 품질을 개선할 수 있는 기회가 존재한다. 기본적인 아이디어는 가상 게이트웨이가 특정 고객이나 서비스의 트래픽 특성에 따라 소프트웨어로 설정 가능하다는 것이다. 예를 들어, 미터링 기반 M2M 서비스는 CCTV 카메라를 위해 설계된 M2M 서비스와는 다른 트래픽 프로파일을 가지고, 이 또한 소비자의 인터넷 서비스와는 다른 트래픽 프로파일을 가진다. 각각의 경우에 가상 게이트웨이는 고객이나 서비스 타입에 따라 소프트웨어로 설정이 가능하다. 기업(enterprise) 서비스는 이 모델에 가장 적합할 것으로 예상되며, 모바일 네트워크 사업자는 상대적으로 작은 추가 비용만으로 맞춤형 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 이런 종류의 서비스에 대한 상용화 잠재력은 기업용 시장에서 각 기업의 다양한 요구사항이 주어진다면 상당할 것으로 추정된다.

대다수의 모바일 네트워크 사업자는 이런 병렬 모델에 상당한 관심을 가지고 있다. 현재로서는 주요 상용 EPC 장비를 모두 가상 EPC 환경으로 변경하는 위험을 감수하기보다는 해당 기술을 시험해 볼 수 있는 기회로 생각하고 있으며, 트랜잭션 기반의 M2M 서비스와 같은 단순한 형태로 상대적으로 빨리 상용화가 이루어질 수도 있다. 가상 EPC 기술이 성숙함에 따라 모바일 네트워크 사업자는 전통적인 EPC 장비에 대한 투자를 제한하고 새로운 가상화 플랫폼에 대한 투자를 늘리는 “cap and grow” 전략을 취할 것이다. 3G 패킷 코어에서 EPC 기반 코어로 트래픽을 이동시키는데 사용하는 모바일 네트워크 사업자에게 익숙한 모델이다. 하지만 아직 해결되지 못한 다양한 기술적인 이슈가 존재한다. 특히, MME 장비는 이미 풀링(pooling) 기능을 지원하는 상황에서 MME 가상화를 통한 이득이 미미할 수 있고, 다수의 EPC 존재 환경에서 어느 EPC 구성 요소가 기지국 인터페이스의 QoS 제어를 담당해야 하는지 등의 문제가 해결되어야 한다. 또한, 모바일 네트워크 사업자가 걱정하고 있는 주요한 상용화의 걸림돌은 이중 투자 이슈와 이것이 네트워크 운영 측면에서 시사하는 점이다. 병렬 vEPC 모델은 불가피하게 운영비용(OPEX)을 증가시킬 것이다. 이는 NFV 기술의 투자비용(CAPEX)/운용비용(OPEX) 절감이라는 목표와 상반된다.

3.2 간헐적(event-driven) EPC 확장을 위한 가상 EPC 시나리오

클라우드 환경에서 가상 네트워크 기능 실행의 장점은 수요에 따라 용량을 조정할 수 있다는 것이다. 이런 기능을 모바일 코어와 EPC 환경에 적용할 수 있다면, 기존 EPC 장비들이 예상할 수 있거나(predictable) 예상할 수 없는(unpredictable) 이벤트를 대비해 가능한 최대(peak) 부하를 수용할 수 있도록 설정하는 상황에서, 모바일 네트워크 사업자에게 큰 이득이 될 것이다. 이는 대부분의 시간 동안 overprovision 되어 많은 자원이 낭비되고 있다는 것을 의미한다. NFV 클라우드 플랫폼에서 동작하는 가상화 EPC 기능은 현재 부하에 따라 용량이 조정될 수 있기 때문에 최소한 이론적으로는 모바일 네트워크 운영자의 더욱 효율적인 코어 네트워크 운영을 가능하게 한다. 그러나 현실적으로는 가상 EPC 기능의 동적인 적응성만으로 상용 수준의 서비스 제공이 가능하게 하기 위해서는 오랜 시간이 걸릴 것으로 보인다.

그 사이에 적용 가능한 접근 방식은 최대 순간 용량(peak capacity)을 수용하기 위해 기존 EPC 장비들과 함께 가상 EPC 기능을 사용하는 것으로, 기존 EPC 모델이 요구하던 overprovision 정도를 낮출 수 있을 것으로 기대된다. 네트워크 장비 벤더들은 기존 EPC 장비에 직접 연결되는 서버 기반 혹은 원격 클라우드에서 동작하는 가상 EPC 기능의 2 가지 옵션을 제공할 수 있다. 그러나 이 모델도 어떻게 가상 EPC 기능과 EPC 장비 사이의 기능 동일성(feature parity)을 제공할 것인가, 언제, 어떻게 가상 EPC 기능 생성을 시작할 것인가 등 많은 기술적인 이슈가 존재한다. 이는 풀링 기법이 게이트웨이와 MME 장비를 deploy 할 때 적용되면서 더욱 논쟁거리가 된다. 풀링 기법은 적응성 및 용량 이슈를 꽤 효과적으로 해결할 수 있는 실제 동작하는 솔루션으로 증명된 기술이다. 따라서 EPC 가상화를 통해 탄력적으로 용량을 줄이거나 늘리는 것은 단기적이라기보다는 중장기적인 관점에서 잠재적인 이득으로 볼 수 있다. 탄력적인 용량 조절(elastic scaling)이 어떻게 유용한지 보여줄 수 있는 좋은 예는 자연 재해가 발생했을 경우 회복력(resiliency)과 성능(performance) 향상을 위해 클라우드 기술을 사용하는 일본 사업자 연합체이다. 2011 년 동일본대지진 발생시 네트워크의 성능과 유사한 사건이 다시 발생한다면 국가 차원의 통신 인프라가 훨씬 잘 대응할 필요가 있다는 자각으로 시작되었다. 모바일 네트워크 운영자는 재난 발생시 어떻게 용량을 늘리고, 어떻게 하나의 기능에서 다른 기능으로 용량을 재할당할 수 있는지 등을 연구하고 있다. 2011 년 지진 직후 많은 사람들이 친구나 친척과 동시에 연락을 시도하면서 음성 통화 수요가 급증하였다. 이 경우에는 가상 EPC 기능의 용량을 IMS 기능에 재할당할 수 있다.

3.3 서비스 체이닝을 위한 가상 EPC 시나리오 (서비스 LAN)

다수의 모바일 네트워크 운영자들은 최근에 이미 EPC 네트워크를 구축했기 때문에, 아직 새로운 투자를 시작할 준비가 되어 있지 않다. 그러나 패킷 코어 가상화를 시작하고 싶어하며, 그들 중 일부는 SGi-LAN 지점(3GPP 모바일 코어와 외부 네트워크 사이의 네트워크로 “서비스 LAN”으로 지칭)이 좋은 시작점이라고 판단하고 있다. 모바일 네트워크 운영자는 트래픽을 처리하고 보호하기 위해 다양한 기기(예를 들어, DPI, 방화벽, NAT, 비디오 최적화 같은 appliances)를 Gi/SGi 인터페이스에 위치시킨다. 어떤 경우에는 다양한 목적으로, 다양한 벤더로부터, 각각 다른 관리 시스템과 연동되는 수많은 기기들(일종의 미들 박스 형태)이 존재하고, 시간이 지남에 따라 더욱 복잡한 운용 환경이 구축될 것이다. 이런 환경에서 모바일 네트워크 기능 가상화는 해당 인터페이스를 단순화하고 더욱 효율적으로 운영할 수 있는 기회가 될 것이다. 이런 3GPP 표준화 단체에서 정의하는 구성 요소 외 기능들은 모바일 네트워크 동작에 직접적인 영향이 제한적이고, 문제 발생시에도 우회가 가능하다. 이런 측면에서 SGi-LAN 지점이 모바일 코어 네트워크의 직접적인 구성 요소는 아니지만, 모바일 코어에서 가상화를 시작할 수 있는 적절한 위치라고 할 수 있다. 더욱이 IETF 등 표준화 단체에서도 논의되고 있는 서비스 체이닝 기술과 접목된다면 다양한 네트워크 기능 사이에 트래픽 처리 경로(processing path)를 정의할 수 있어 차별화된 서비스 개발 및 적용이 가능해질 것으로 예상된다.

SGi 인터페이스에서 APN 기반 트래픽 라우팅을 통해 모바일 네트워크 운영자는 어느 정도 제어가 가능하나 상당히 제한적이다. 예를 들어, 모든 스마트 폰 서비스는 특정 스마트 폰 사용자가 비디오 최적화 기능을 필요로 하는지 여부와 상관없이 동일한 처리 경로를 거쳐야 하는데, 비효율성과 서비스 지연을 야기할 수 있다. 이에 대한 해결책은 필요한 사용자 혹은 플로우(flow) 만이 특정 서비스 기기(appliance)를 거치도록 하는 것이다. 이런 동작 방식은 가상 SGi 기기라는 측면에서 주로 논의되지만, 서비스 체이닝은 물리적이거나 가상화된 모든 기기 사이에서 제공 가능하다. 이런 접근 방식의 기술적인 이슈는 먼저 어떻게 서비스 플로우를 인지하고, SGi 서비스 매트릭스(forwarding path 혹은 service itinerary)를 통해 적절한 경로 선택 방법이다. 이와 관련해 현재 네트워크 장비 벤더, 모바일 네트워크 사업자, ETSI NFV 그룹[2], ONF 모바일 SDN 워킹 그룹[5], IETF SFC (Service Function Chaining) 워킹 그룹[6]에서 연구 개발이 진행 중이다. 특히, IETF 표준화 단체에서는 초저지연 서비스 체이닝 라우팅을 위한 새로운 헤더 포맷을 정의하고 있다.

4. SDN 기반 가상 EPC 테스트베드

가상 EPC 환경에 SDN 기법을 도입하기 위한 가장 간단한 구조는 기존의 게이트웨이(즉, S/P-GW)를 데이터와 제어 영역으로 분리하고, 데이터 영역에 해당하는 구성 요소를 OpenFlow 스위치 [8]를 확장하여 구현하는 것이다. 이러한 형태의 테스트베드를 구축하기 위해 본 장에서는 먼저 가상 머신 환경에 소프트웨어 기반 EPC 구성 요소를 설치하고, 확장된 OpenFlow 스위치를 활용하여 S/P-GW 기능의 데이터/제어 영역을 분리한다. 그 다음, 구축된 테스트베드 환경에서 실제 어떻게 통신이 이루어지는지에 대한 동작 예를 살펴본다.

4.1 OpenFlow 기반 가상 EPC 테스트베드

그림 3 은 OpenFlow 기반 가상 EPC 테스트베드의 전체 구조를 나타낸다. 먼저 소프트웨어로 구현된 각각의 EPC 구성 요소들은 5 개의 가상 머신에서 동작하고 있으며, 다수의 VLAN (회색 박스)을 구성하여 구성 요소 간 통신이 가능하도록 구성하였다. 또한, 별도의 관리 네트워크 (Management Network, 붉은색 점선)를 통하여 모든 구성 요소 간 직접 통신이 가능하도록 하였고, OpenFlow 데이터/제어 영역 간 메시지도 관리 네트워크를 통하여 주고 받을 수 있도록 설정하였다. 테스트베드 내 가상 머신은 모두 일반적인 x86 기반의 서버 상에서 생성된 것으로, 각각 12GB 의 하드디스크와 2 개의 프로세서가 할당되어 있으며, 데이터 영역 스위치(SGW-U 및 PGW-U)에 해당하는 가상 머신은 2GB 메모리를, 그 외의 가상 머신은 1GB 메모리를 할당하였다.

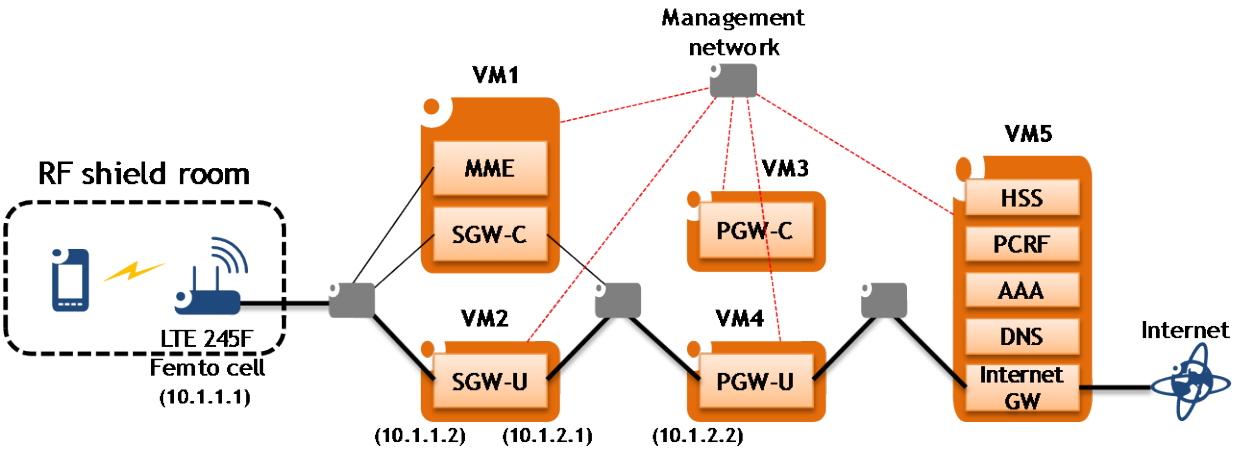

그림 3. OpenFlow 기반 가상 EPC 테스트베드 구성도

이와 같이 구성된 가상 EPC 기능을 실제 상용 LTE 기지국과 단말에 연결하였으며, LTE 기지국으로 IP.Access 사의 LTE 245F 스몰셀[9]을, 단말로 Nexus 5 장비를 사용하였다. 테스트베드에서 Nexus 5 단말에서 지원 가능한 밴드 7 을 할당하여 사용하였고, 현재 국내에서 서비스 중인 상용 LTE 주파수 대역과의 충돌을 고려하여 무선 신호를 차단할 수 있는 차폐실(RF Shield Room) 내부로 그 사용 범위를 제한하였다.

4.2 게이트웨이 데이터/제어 영역 분리 구조

다음 단계로 가상 EPC 테스트베드에서 데이터/제어 영역을 분리하기 위해 데이터가 지나가는 경로에 해당하는 S/P-GW 기능을 데이터 및 제어 구성 요소로 분리하였다. 즉, S-GW 기능은 SGW-C (VM1)와 SGW-U (VM2)로, P-GW 기능은 PGW-C (VM3)와 PGW-U (VM4)로 구성된다(그림 3 참조). 이와 같은 구조에서 초기 접속(initial attachment) 및 EPS 베어러 생성 시 발생하는 제어 메시지 처리와 관련된 모든 기능을 SGW-C 및 PGW-C 기능이 담당하게 된다. 더불어 베어러 생성으로 만들어지는 GTP 터널 정보를 SGW-U 와 PGW-U 로 전달하는 컨트롤러 (controller) 역할도 겸하게 된다. 이러한 데이터 경로 관련 정보는 OpenFlow 메시지를 통해 데이터 영역 구성 요소로 전달되어 해당 플로우 테이블을 갱신시킨다.

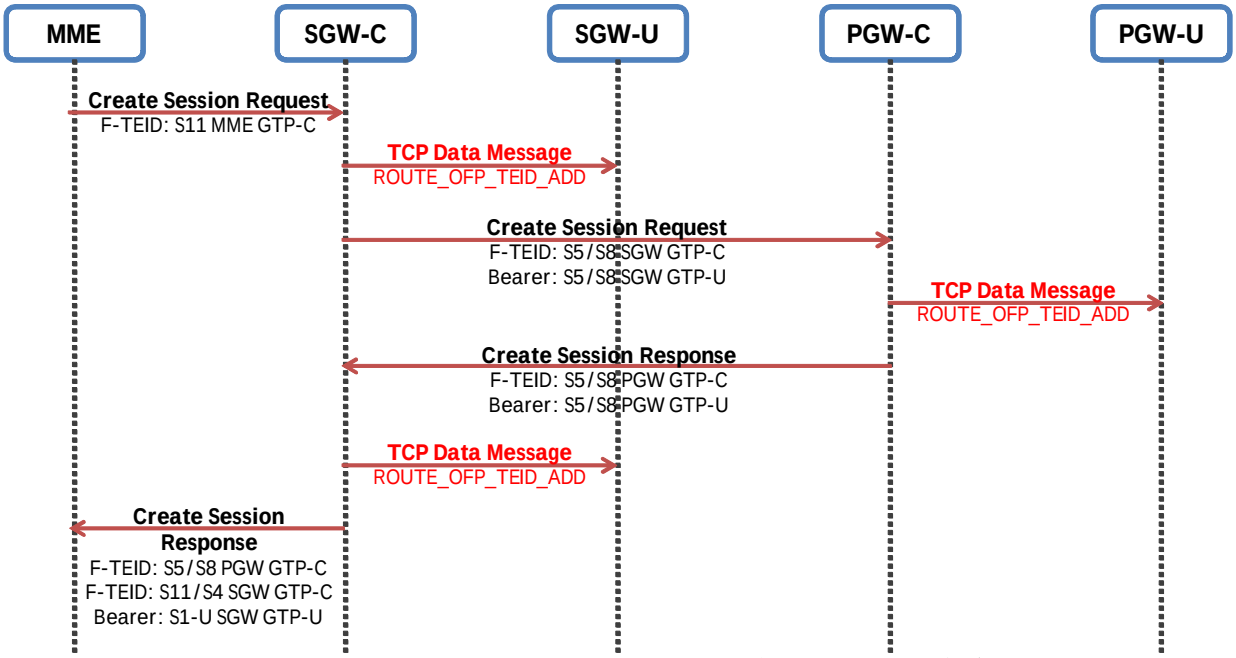

그림 4. MME-SGW-PGW 간 세션(GTP 터널) 생성 요청/응답

그림 4 는 EPS 베어러 생성 중 일부 과정(MME-SGW-PGW 간 GTP 터널 생성)을 도식화한 것이다. 세션 생성 과정에서 제어 구성 요소로 GTP-C 메시지가 전달이 되면 TEID 정보를 기반으로 OpenFlow 경로 생성 메시지가 데이터 구성 요소로 전달이 된다. 세션 생성이 완료되면 단말을 통해 생성되는 모든 데이터 패킷은 SGW-U 및 PGW-U 구성 요소를 통해 인터넷으로 전달된다(그림 3 의 검은색 굵은 선 참조).

4.3 OpenFlow 스위치 기반 GTP 패킷 전달

이제 제어 영역에서 전달된 플로우 테이블(flow table) 업데이트 정보를 기반으로 OpenFlow 스위치 (즉, SGW-U 및 PGW-U)에서 어떻게 GTP 패킷을 처리하는지 전달 과정을 살펴본다. 가상 EPC 기능 테스트베드에서 사용된 소프트웨어 스위치는 OpenFlow 버전 1.4 [8] 표준이 구현되어 있으며, 이를 기반으로 GTP/GRE (Generic Routing Encapsulation) 패킷을 처리할 수 있는 논리 포트(logical port)가 추가적으로 확장, 구현되었다. 논리 포트는 사용 용도에 따라 7 개로 나누어져 있고, 스위치마다 2 개의 물리 포트 (상향 및 하향)가 포함되어 있다. 표 1 은 SGW-U 기능의 포트 구성 예를 나타낸다. 앞서 설명한 바와 같이 2 개의 물리 포트와 7 개의 논리 포트로 구성되어 있고, 물리 포트들은 IPv4 주소가 할당된 네트워크 인터페이스와 연결되어 있다.

표 1. SGW-U 기능의 포트 구성 예(ID 1-2: 물리 포트, 3-9: 논리 포트)

Port ID	Name
1	Physical port 1 (10.1.2.1)
2	Physical port 2 (10.1.1.2)
3	Controller
4	GRE-Decap
5	GRE-Encap
6	GRE-Encap-IPv6
7	GTP-Decap
8	GTP-Encap
9	GTP-Encap-IPv6

스위치 내의 플로우 테이블은 Initial Table, Metadata, TEID translation uplink, TEID translation downlink 등, 4 개의 테이블이 존재하며, 기본적으로 Initial Table 로부터 시작하여 필요에 따라 다른 테이블로 이동하여 적절한 액션(action)을 취할 수 있도록 설정되어 있다.

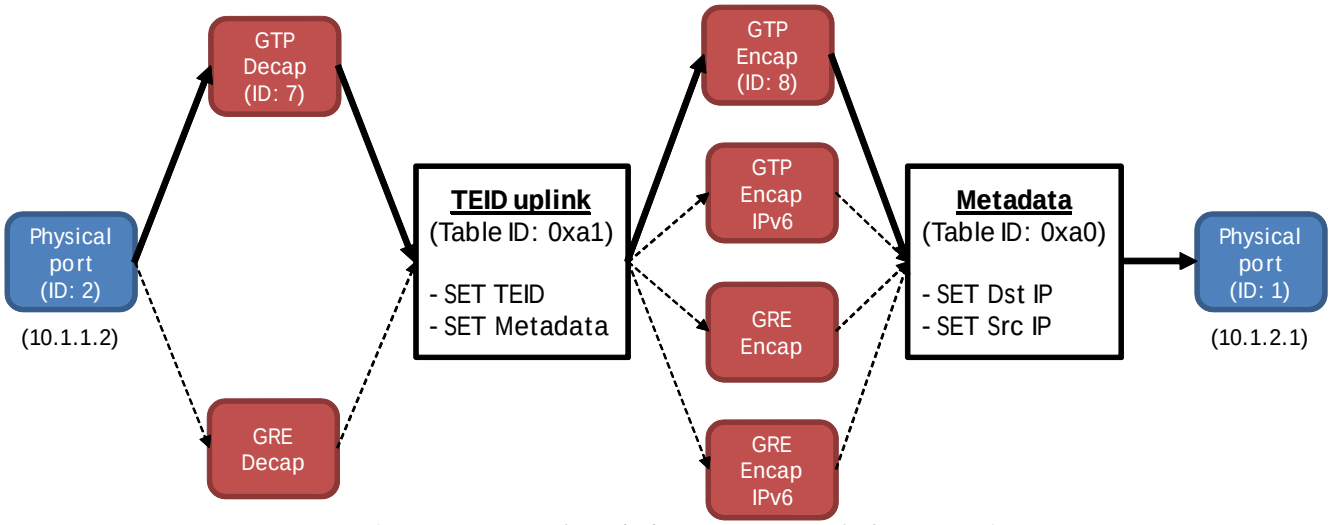

그림 5. SGW-U 기능에서 GTP/GRE 처리 흐름 예

그림 5 는 세션 생성 이후 SGW-U 에 GTP 패킷이 도착했을 때 (uplink 방향) 패킷이 처리되는 흐름을 도식화 한 것이다. 본 예에서 스위치의 포트 구성 및 포트 ID 는 표 1 과 같으며, 이 때 SGW-U 에서 구성될 수 있는 플로우 테이블의 예를 다음의 표 2, 3, 및 4 에서 보여주고 있다.

표 2. SGW-U 기능에서 "Initial Table" 테이블의 플로우 엔트리 구성 예

Table_id: 0xa3	Table_name: Initial Table …
FlowEntry 1	priority=100 packets=0 bytes=0 hard_timeout=0 idle_timeout=0 … match: OFPXMT_OFB_IN_PORT value=0x02 match: OFPXMT_OFB_ETH_TYPE value=0x86dd match: OFPXMT_OFB_IP_PROTO value=0x11 match: OFPXMT_OFB_UDP_DST value=2152 instruction: OFPIT_WRITE_ACTIONS action: OFPAT_OUTPUT value=0x07 (Logical port: GTP Decap)
FlowEntry 2	priority=100 packets=0 bytes=0 hard_timeout=0 idle_timeout=0 … match: OFPXMT_OFB_IN_PORT value=0x02 match: OFPXMT_OFB_ETH_TYPE value=0x86dd match: OFPXMT_OFB_IP_PROTO value=0x2f instruction: OFPIT_WRITE_ACTIONS action: OFPAT_OUTPUT value=0x04 (Logical port: GRE Decap)
FlowEntry 3	priority=100 packets=0 bytes=0 hard_timeout=0 idle_timeout=0 … match: OFPXMT_OFB_IN_PORT value=0x07 match: OFPXMT_OFB_IN_PHY_PORT value=0x02 instruction: OFPIT_GOTO_TABLE next table_id: 0xa1 (Table: TEID translation uplink)
FlowEntry 4	priority=100 packets=0 bytes=0 hard_timeout=0 idle_timeout=0 … match: OFPXMT_OFB_IN_PORT value=0x08 instruction: OFPIT_GOTO_TABLE next table_id: 0xa0 (Table: Metadata)

표 3. SGW-U 기능에서 “TEID translation uplink” 테이블의 플로우 엔트리 구성 예

Table_id: 0xa1	Table_name: TEID translation uplink …
FlowEntry 1	priority=100 packets=0 bytes=0 hard_timeout=0 idle_timeout=0 … match: OFPXMT_OFB_TUNNEL_ID value=0x037E3351 mask=0xFFFFFFFF instruction: OFPIT_WRITE_ACTIONS action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_TUNNEL_ID value=0x037E1BE1 mask=0xFFFFFFFF action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_METADATA value=0x01 mask=0xFFFFFFFF action: OFPAT_OUTPUT value=0x08 (Logical port: GTP Encap)

표 4. SGW-U 기능에서 “메타 데이터” 테이블의 플로우 엔트리 구성 예

Table_id: 0xa0	Table_name: Metadata …
FlowEntry 1	priority=0 packets=0 bytes=0 hard_timeout=0 idle_timeout=0 … match: OFPXMT_OFB_METADATA value=0x01 mask=0xFFFFFFFF instruction: OFPIT_WRITE_ACTIONS action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_IPV4_DST value=10.1.2.2 action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_ETH_DST value=00:00:00:00:00:00 action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_IPV4_SRC value=10.1.2.1 action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_ETH_SRC value=00:00:00:00:00:00 action: OFPAT_OUTPUT value=0x01 (Connected to PGW-U)
FlowEntry 2	priority=0 packets=0 bytes=0 hard_timeout=0 idle_timeout=0 … match: OFPXMT_OFB_METADATA value=0x02 mask=0xFFFFFFFF instruction: OFPIT_WRITE_ACTIONS action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_IPV4_DST value=10.1.1.1 action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_ETH_DST value=00:00:00:00:00:00 action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_IPV4_SRC value=10.1.1.2 action: OFPAT_SET_FIELD match: OFPXMT_OFB_ETH_SRC value=00:00:00:00:00:00 action: OFPAT_OUTPUT value=0x02 (Connected to eNodeB)

먼저 표 2 는 Initial Table 의 구성 예로써, 입력 포트 ID, UDP 포트 번호 등을 통해 새로운 GTP 패킷이 도착하였음을 판단하고 GTP Decap 논리 포트(ID: 7)로 내보낸다(표 2 의 FlowEntry 1 참조). 논리 포트 7 번으로 들어온 패킷은 입력 물리 포트를 확인하여 상향인지 하향인지 구분하고, 이후 적절한 테이블로 이동한다. 본 예에서는 상향을 가정하였으므로 매칭되는 입력 물리 포트 ID 는 2 번이고, 따라서 TEID translation uplink 테이블로 이동한다(표 2 의 FlowEntry 3 참조).

TEID translation uplink 테이블(표 3)의 주요 역할은 S1-U TEID 와 매핑되는 S5/S8 TEID 를 설정하고, 이후 찾아가야 하는 메타 데이터 정보(OFPXMT_OFB_METADATA) 값을 설정한다. 본 예에서는 다음 S5/S8 GTP 터널링을 위해 TEID 필드를 0x037E1BE1 값으로 설정하였고, 메타 데이터 정보 값으로 1 을 설정하였다(표 3 의 FlowEntry 1 참조). 마지막으로 해당 패킷을 8 번 논리 포트(GTP Encap)로 내보낸다. 이는 다시 Initial Table 로 이동하여 표 2 의 FlowEntry 4 와 매칭되며, 따라서 메타 데이터 테이블로 이동한다.

메타 데이터 테이블(표 4)에서는 GTP 패킷 처리의 마지막 단계로 GTP 헤더의 출발지/목적지 IP 주소를 설정한다. 메타 데이터 정보 값이 1 로 설정되어 있으므로 표 4 의 FlowEntry 1 과 일치

하며, 결과적으로 10.1.2.2 를 목적지 주소로, 10.1.2.1 을 출발지 주소로 설정한다. 그 후 PGW-U 와 연결된 물리 포트(ID: 1)로 내보내지면 전달 과정이 종료된다. 하향의 경우도 동일한 과정을 거쳐 전달이 진행되며, 이 때는 TEID translation downlink 테이블을 거쳐 표 4 의 FlowEntry 2 와 일치하게 된다. 즉, LTE 기지국으로 향하는 GTP 패킷이 만들어져 2 번 물리 포트를 통해 전달하게 된다.

기 구축된 테스트베드 예에서 설명한 바와 같이 기본적으로 데이터/제어 영역이 분리된 구조에서는 보다 유연한 네트워킹 구성이 가능할 것으로 예상된다. 예를 들어, 특정 데이터 영역 구성 요소가 혼잡 등으로 인해 정상 서비스가 불가능한 경우, 이를 대체할 수 있는 동일한 종류의 구성 요소를 생성하고 동적으로 경로를 변경하는 시나리오를 생각해 볼 수 있다. 또한 다수의 SGW-U 및 PGW-U 를 운영할 수 있는 경우, 일정 비율로 트래픽을 분산시키는 것도 가능해진다. 그 외에 가능한 시나리오로 끊김 없는(seamless) 핸드오버를 들 수 있다. 즉, 기존의 핸드오버 메커니즘을 SDN 기법을 통해 구현한다면 보다 빠르고 정교한 성능제공이 가능할 것이다. 이런 환경에서 향후 연구로 다양한 시나리오를 구축된 가상 EPC 테스트베드를 통해 실험하고 성능 측정 및 비교해 볼 것이다.

5. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 가상 EPC 모델의 타당성 및 도입 시나리오, 실제 NFV/SDN 적용 가상 EPC 테스트베드 구축 환경과 동작 예제를 살펴보았다. 또한, 분산 NFV/클라우드 인프라에서 가상 EPC 기능이 동작을 하게 된다면, 가상 EPC 기능의 효율적인 분산 배치 및 클라우드 자원 최적화 문제가 더욱 중요해질 것이고, orchestrator 역할이 더욱 커질 수 밖에 없다. 최근 가상 EPC 기능의 최적 배치에 관한 연구 결과가 소개되고 있다[10-11]. 마지막으로, 이런 모바일 코어 네트워크 구조의 발전으로 인해 사용자 이동성과 관련된 새로운 이슈가 발생하게 된다. 기존 전용 하드웨어 기반의 EPC 모델에서는 몇 개의 P-GW 장비가 전체 네트워크를 관장하는 형태이었기 때문에 P-GW 간 핸드오버 지원은 큰 이슈가 아니었지만(P-GW 핸드오버 시 네트워크 연결을 재설정), 가상 EPC 모델이 적용된다면 다수의 소용량 가상 EPC 기능이 분산 클라우드 환경에 존재하게 될 것이고, 사용자의 이동에 따라 빈번한 가상 P-GW 간 핸드오버가 발생할 것이다. 따라서 분산 환경에서는 끊김 없는 핸드오버 지원이 필수적이다. 최근 이런 요구사항에 대응하기 위하여 IETF DMM (Distributed Mobility Management) 워킹 그룹[7]에서는 분산 환경에서의 핸드오버 기법에 대한 표준화를 진행 중이다. 데이터/제어 평면의 구성 요소, 특히 사용자 이동성 앵커 포인트를 분산시켜 끊김 없는 핸드오버 지원을 목표로 한다. 즉, 사용자의 위치에 따라 기존 네트워크 연결은 이전의 앵커 포인트에서 새로운 앵커 포인트로의 터널을 사용하여 유지하고, 새로운 네트워크 연결에 대해서는 항상 가장 가까운 앵커 포인트를 사용함으로써 이동성에 따른 라우팅의 비효율성 문제를 해결할 수 있다. 그러나 여전히 각 가상 P-GW 기능이 관장하는 IP 대역이 다르다는 이슈가 존재하는데 DMM 기술과 SDN 기술을 접목하여 분산 가상 EPC 환경에서 가상 게이트웨이 간 끊김 없는 핸드오버를 지원하기 위한 연구를 구축된 테스트베드를 활용하여 진행 중이며 관련 연구 움직임[12]도 활발해질 것으로 예상된다.

6. 참고 문헌

[1] “3rd Generation Partnership Project,” Technical Reports for Release 6-12. Available at: http://www.3gpp.org/Releases.
[2] European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Network Functions Virtualization (NFV), http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv.
[3] “What is SR-IOV?” Available at: http://blog.scottlowe.org/2009/12/02/what-is-sr-iov/.
[4] Intel DPDK: Data Plane Development Kit, http://dpdk.org/.
[5] Open Networking Foundation (ONF), https://www.opennetworking.org/.
[6] Internet Engineering Task Force (IETF) Service Function Chaining (SFC) Working Group, https://datatracker.ietf.org/wg/sfc/documents/.

[7] Internet Engineering Task Force (IETF) Distributed Mobility Management (DMM) Working Group , https://datatracker.ietf.org/wg/dmm/documents/.
[8] "OpenFlow Switch Specification, version 1.4.0", Open Networking Foundation, https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.4.0.pdf, Oct. 2013.
[9] "IP.Access Limited", http://www.ipaccess.com/.
[10] Arsany Basta, Wolfgang Kellerer, Marco Hoffmann, Hans Jochen Morper, Klaus Hoffmann, "Applying NFV and SDN to LTE Mobile Core Gateways; The Functions Placement Problem," ACM SIGCOMM AllThingsCellular Workshop, Chicago, Illinois, USA, August 2014.
[11] Arsany Basta, Wolfgang Kellerer, Marco Hoffmann, Klaus Hoffmann, Ernst-Dieter Schmidt, "A Virtual SDN-enabled LTE EPC Architecture: a case study for S-/P-Gateways functions," IEEE SDN for Future Networks and Services (SDN4FNS) Conference, Trento, Italy, November 2013.
[12] Karimzadeh Motallebi Azar, M., Valtulina, L., Karagiannis, G., "Applying SDN/OpenFlow in Virtualized LTE to support Distributed Mobility Management (DMM)," the 4th International Conference on Cloud Computing and Services Science (CLOSER) 2014, Barcelona, Spain, April 2014.

<저자 소개>

최 낙 중

2002 년: 서울대학교, 컴퓨터공학과 학사

2009 년: 서울대학교, 전기컴퓨터공학부 박사

2010 년: 서울대학교, 공과대학 박사후연구원

2010 년~현재: 서울 벨 연구소 책임연구원 & 수석연구원(2014~)

<관심분야> NFV/SDN, 클라우드, 모바일 네트워크, 그린 네트워킹, 미래인터넷

황 재 현

2003 년: 가톨릭대학교, 컴퓨터공학과 학사

2005 년: 고려대학교, 컴퓨터학과 석사

2010 년: 고려대학교, 컴퓨터학과 박사

2010 년~현재: 서울 벨 연구소 책임연구원

<관심분야> SDN/NFV, 클라우드 컴퓨팅, 데이터센터 네트워크, 비디오 스트리밍