

NFV(Network Functions Virtualisation)

이정희, 이상민, 최강일, 이범철
한국전자통신연구원

요약

NFV는 다양한 종류의 전용 하드웨어 장비들로 구성된 현재의 네트워크 장비가 가지고 있는 한계인 기술의 발전과 새로운 응용 서비스 수용, 트래픽 변화 대응, 노후화 장비 교체 등에 대한 어려움을 해결하기 위하여 서버, 스토리지 및 스위치와 IT 가상화 기술을 이용하여 네트워크 기능을 구현하고자 하는 기술이다. 본고에서는 NFV 목적, SDN과의 관계, NFV 실현 시의 이점과 해결해야 할 사항들, 표준화 동향 그리고 유럽 CHANGE 프로젝트에서의 NFV 구현 사례 등에 대하여 알아본다.

I. 서론

현재의 네트워크는 다양한 종류의 전용 하드웨어 장비들로 구성되어 있다. 새로운 응용 서비스를 제공하려면 이를 위한 전용 장비를 설치해야 하는 경우가 있을 수 있으며 이 경우 공간 부족이나 전력 문제가 발생한다. 또한 트래픽 양이 급격히 증가하거나 감소할 경우 혹은 수명이 다한 장비를 새로운 장비로 교체 시 시간이 많이 소요되며 신속하게 대응하는데 어려움이 있다. 그리고 기술 발전과 응용 서비스에 대한 변화가 급격히 빨라지면서 장비의 수명이 갈수록 짧아지고 있고 이러한 현상은 더욱 가속화될 것이며 이는 IT 사업자에게 새로운 서비스를 이용한 수익 창출을 막는 걸림돌이 될 수가 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해서 다양한 네트워크 장비들을 고성능 서버, 스토리지와 스위치를 이용하여 구현하여, 비용을 절감하고 효율을 높이며 서비스 대응 및 트래픽 변화 등에 신속하게 대처하고자 하는 것이 네트워크 기능 가상화(이하 NFV라고 함)이다.

NFV를 가능하게 하는 핵심 요소는 클라우드 기술들과 고성능 서버이다. 클라우드 기술의 핵심은 가상화 메카니즘으로 가상 머신과 물리적인 인터페이스 간의 트래픽을 연결하기 위해 vswitch 같은 가상화된 이더넷 스위치와 하이퍼바이저를 이용한 하드웨어 가상화 기술이다. 고속 멀티코어 CPU와 고속 입출

력 대역, 부하 분산과 TCP offloading 등을 제공하는 스마트 이더넷 NIC(Network Interface Card), VM(Virtual Machine), 메모리로의 직접적인 패킷 라우팅, 인터럽트 구동 방식이 아닌 폴링 모드 방식의 이더넷 드라이버(예, Linux NAPI, Intel DPDK) 등은 통신 위주의 고성능 패킷 처리가 가능하도록 하고 있다. 또한 오케스트레이션과 관리 방식을 사용하여 네트워크 자원의 가용성을 향상시키는 클라우드 인프라는 네트워크 안에서의 가상화된 어플라이언스를 자동적으로 생성하는 데 적용할 수 있고 가상 어플라이언스들을 적합한 CPU 코어, 메모리와 인터페이스에 할당하여 자원 관리 및 VM 마이그레이션에 적용할 수 있다. OpenFlow, OpenStack, OpenNaaS 같은 관리나 데이터 평면 제어를 위한 오픈 API(Application Programming Interface)는 NFV와 클라우드 인프라의 통합 가능성을 보여준다.

IT 산업계에서 표준 규격품이 되다시피한 서버들은 NFV를 경제적 측면에서 가능성이 있도록 하는 핵심적인 요소이다. 따라서 ASIC개발에 의존하는 네트워크 어플라이언스들은 점점 경쟁력을 잃을 것으로 예상된다.

NFV는 네트워크 장비 비용 절감 및 전력 소모 감소, 신속하게 새로운 서비스 제공, 자동화 등 여러가지 혜택을 가져올 것으로 예상된다. NFV는 Tier-1 장비 업체 및 ISP(Internet Service Provider) 들로부터 많은 관심과 호응을 받고 있으며 표준화를 위한 Kick-off 미팅도 2013년 1월에 진행되었다.

이하 본문에서는 NFV White paper[1]에서 소개된 NFV 목적, SDN과의 관계, NFV 실현시의 이점과 이를 위한 해결해야 할 사항들, 어플리케이션 및 유저 케이스 등에 대해서 살펴보고 표준화 동향과 유럽 CHANGE 프로젝트에서의 구현 사례에 대하여 알아본다.

II. NFV

1. NFV목적

NFV는 산업계의 일반 고용량 고성능 서버와 스토리지 그리

고 상용 스위치를 이용하여 통합된 기능들을 탑재하여 전송망 사업자들이 전송망들을 구성 설계하는 방식을 바꾸어 개선해 보자고 하는 것이 목적이다. NFV는 <그림 1>에서와 같이, 수많은 종류들의 네트워크 장비들을 통합하기 위하여, 현재 진화하고 있는 표준 IT 가상화 기술을 이용하여 데이터 센터나 네트워크 노드 또는 종단 유저 장비에 설치할 수 있다.

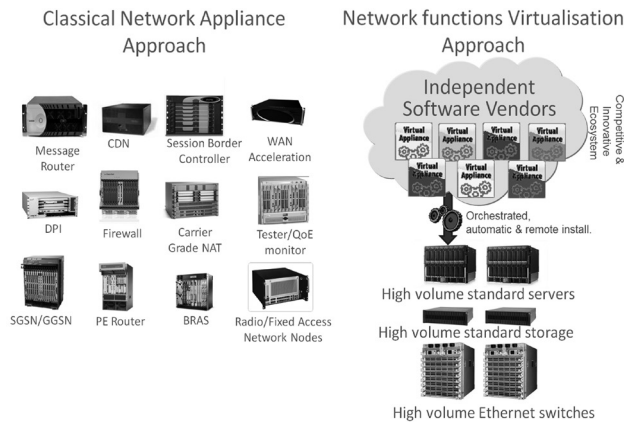


그림 1. NFV 개념

2. SDN과의 관계

NFV는 SDN(Software Defined Networking)과 상당히 보완적인 관계이지만 SDN에 의존하지는 않으며 반드시 필요로 하지 않는다. SDN 또한 NFV에 의존하지 않는다. 그러나 이 두 개념과 해결 방식이 서로 합쳐지면 더 큰 가치를 발휘할 가능성이 많다. <그림 2>는 NFV와 SDN과의 관계도 이다.

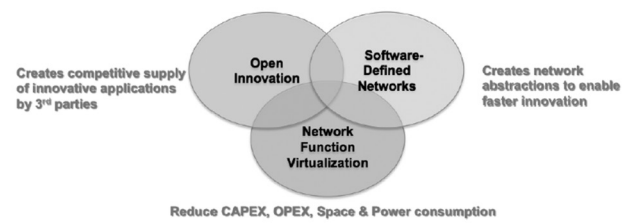


그림 2. NFV와 SDN관계

NFV는 SDN 소프트웨어가 탑재되어 구동될 수 있는 인프라 제공이 가능하므로 SDN을 지원할 수 있다. 상용 서버와 상용 스위치를 사용하겠다는 목표에서 SDN과 NFV는 일치한다.

NFV는 현재 많은 데이터 센터들에서 사용되고 있는 장비에서 non-SDN 방식으로 구현할 수 있지만, SDN이 제안한 제어 평면과 데이터 포워딩 평면의 분리 방식을 적용하면 성능을 향상시키고 이미 설치된 장비들과의 호환성도 단순화하며 동시에 운용 및 보수 유지 절차를 쉽게 할 수 있다. 그리고 NFV는

ONF(Open Networking Forum)와도 밀접하게 관계를 가지고 발전해 갈 것이다.

3. 어플리케이션 및 적용 사례

NFV로 인하여 어떤 네트워크 기능들이 가장 큰 혜택을 받을 것인지에 대해서는 좀 더 조사와 연구가 필요하다. 지금까지 정리된 내용은 다음과 같다.

소프트웨어 기반 DPI를 수행하면 더 진보한 트래픽 분석과 다차원적인 보고가 가능해진다. 하드웨어 기반 DPI에 비해 설치, 업데이트, 테스트와 용량 증대가 상당히 간단해진다.

다양한 기능을 지원하는 IP 노드 구현이 가능하다. 예를 들어서 CG-NAT(Carrier Grade Network Address Translation)와 BRAS(Broadband Remote Access Server) 등이 요구될 때 일반 대용량 고성능 서버에 소프트웨어로 구동하여 제공이 가능하며 효과적인 하드웨어 재 사용이 가능하여 전용 하드웨어는 더 이상 필요하지 않게 된다.

라우터, 허브와 셋탑박스가 있는 일반 가정을 가상화하면 IPv6로의 간단하고 무리없는 마이그레이션과 에너지 소모량 감소뿐 아니라, 브로드밴드 어플리케이션이나 서비스가 진화할 때마다 비용부담이 크고 시간이 많이 걸리는 반복적인 하드웨어 업데이트를 피할 수 있다.

CDN의 가상화는 외부 CDN 제공업자들 같은 사업 파트너의 CDN 서비스를 호스팅하는 것이 가능할 수 있게 할 것이다.

모바일 코어 네트워크 안에서 네트워크 기능들의 가상화된 사물간 통신(M2M, Machine-to-Machine)과 같은 특화된 서비스에 최적화된 코어 네트워크 인스턴스를 생성하는데 이용될 수 있다.

Hybrid fibre-DSL nodes는 도로의 캐비닛, 도로 지하, 또는 도로의 전주에 위치하고 있다. 이러한 노드들이 경제적이라면 관리할 필요가 거의 없어야 하고 전력 소모도 현저히 낮아야 한다. 가상화를 이용하여 이러한 remote node의 하드웨어의 복잡성을 줄이고 에너지 절약과 더불어 서비스들이 발달하게 되면 불확실한 미래 요구에 대처하는 능력이 향상될 수 있다. 또한 하나의 공동 플랫폼에 주요 기능들을 가상화하면 더 저렴한 가격으로 유선, 무선 모두에 대한 액세스를 가능하게 할 수 있을 것이다.

다양한 어플리케이션들과 이용자들 그리고 테넌트들이 공동으로 네트워크 자원을 사용할 수 있는 효율적인 환경과 그 결과로 다양한 버전들과 하나의 네트워크 서비스의 여러 파생 버전들이 공존할 수 있는 구동 환경을 제공할 수 있다.

4. NFV 실현시의 이점

전송망 기능들의 가상화는 장비 비용 절감 및 전력 소모 감소, 신속한 새로운 서비스 제공 등 여러가지 혜택을 가져올 것으로 예상된다.

종래에는 하나의 하드웨어 기반 장비에 하나의 기능 만이 구현된 것에 비해, NFV는 전송망 안에서 특수 기능들을 가상화하여 미들박스 장비들의 여러 기능들을 통합함으로써 장비들의 가격 저하와 전력 소모량 감소의 장점이 있다. 또한 IT 산업에서 이미 대량 설치 사용하여 가격이 저렴해진 하드웨어에 가상화한 네트워크 특수 기능들을 탑재함으로써 특수 네트워크 기능들을 구현하는 비용이 저렴해지고 전력 소모도 절감할 것이다.

전송망 사업자들의 혁신적인 기능 또는 서비스를 구현할 수 있는 주기를 최소화하여 서비스 구상에서부터 출시까지의 기간을 단축할 수 있다. 고가의 하드웨어 특수 장비 구입시에 필요한 선 투자를 감당하기 위해서는 그 투자비용 이상의 이익을 거둘 수 있는 거대 전송망 사업자만 특수 기능의 하드웨어 장비 구입을 고려할 수 있으나, 이러한 네트워크 특수 기능들이 소프트웨어 기반으로 개발이 되면 작은 전송망 사업자라도 부담이 없어진다. 소프트웨어 기반의 네트워크 특수 기능 개발은 네트워크 기능의 다양한 진화 발전을 원활하게 하여 새로운 서비스가 성숙하는 데 소요되는 시간을 상당히 줄일 것이다.

멀티 버전과 멀티 테넌트가 가능한 네트워크 어플라이언스는 하나의 플랫폼에 여러 개의 애플리케이션과 여러 사용자 그리고 여러 테넌트가 공존하는 것을 가능하게 한다. 이는 전송망 사업자 들이 여러 서비스 간 또는 여러 사용자 간의 전송망 자원(CPU, 라인 카드, 스토리지 등)을 나누어 사용하는 것을 가능하게 한다.

특정 지역이나 특정 고객 집단에 알맞은 서비스 도입이 가능하다. 이런 서비스들은 신속하게 Scale-up, Scale-down 이 가능해 진다. 그리고 NFV는 이제 막 시작하는 순수 소프트웨어 사업자, 소규모 소프트웨어 업체와 학계에도 시장을 열어 주어 훨씬 적은 손해 부담으로 새로운 서비스와 영업이익 창출을 가져오게 할 수 있으므로 다양한 생태계를 생성하고 개방을 장려한다.

5. NFV가 해결하여야 할 과제

데이터 평면의 패킷 처리 기능을 소프트웨어로 구현해야 하는 NFV는 여러가지 기술적인 어려움이 존재한다. 서로 다른 하드웨어 업체들 간에 그리고 서로 다른 하이퍼바이저 간에 이동이 가능하여야 하고 가상화된 네트워크 어플라이언스가 고성능이어야 한다. 그리고 하드웨어와 소프트웨어 장애 발생시 장애 극

복 및 회복 기능이 있어야 한다. 현재까지 논의된 사항들은 다음과 같다.

- 이식성/상호연동성: 여러 장비업체가 데이터 센터 환경에서 가상 어플라이언스들을 탑재하고 실행할 수 있어야 한다. VM과 하이퍼바이저로 대표되는 소프트웨어 인스턴스들과 그 밑의 하드웨어들을 결합하는 통일된 인터페이스가 필요하다. 이식성과 상호연동성은 가상 어플라이언스 업체와 데이터 센터 업체가 서로 연관되어 있고 서로 의존적인 관계이면서도 개별적으로 생태계들을 만들어 내기 때문에 매우 중요하다.
- 성능: NFV의 접근 방법이 장비업체들의 전용 가속 엔진이 아닌 상용 하드웨어를 사용하므로 적절한 하이퍼바이저들과 최근의 소프트웨어 기술들을 사용해 지연, 쓰루풋 그리고 프로세싱 오버헤드를 최소화하면서 성능 저하를 최소로 유지하느냐가 과제이다. 그리고 가상 어플라이언스들이 하드웨어로부터 어떤 성능을 얼마만큼 사용할 수 있는지 알 수 있도록 하위에 놓인 플랫폼의 가용 성능이 명시될 수 있어야 한다.
- 마이크레이션과 기존 장비와의 공존: NFV는 종래의 물리적 네트워크 어플라이언스들과 가상 네트워크 어플라이언스들이 같이 구성되는 하이브리드 네트워크에서 반드시 동작할 수 있어야 한다. 그러므로, 가상 네트워크 어플라이언스들은 관리와 제어를 위하여 반드시 기존의 노스-바운드 인터페이스를 사용해야 하고 같은 기능의 하드웨어 어플라이언스와의 반드시 상호 작용해야 한다.
- 관리와 오케스트레이션: 일관성있는 관리와 제어 아키텍처가 필요하다. NFV는 개방적이고 표준화된 인프라에서 동작되는 소프트웨어 네트워크 어플라이언스가 가져다 주는 유연성 때문에 노스-바운드 인터페이스의 관리와 오케스트레이션을 신속히 잘 정의된 표준들과 추상화된 사양에 맞출 수 있는 기회가 될 것이다. 이는 새 가상 어플라이언스를 전송망 사업자의 운용 환경에 통합할 때 드는 시간과 비용을 상당히 줄일 것이다.
- 자동화: NFV가 코어 전송망에 보편화 되기 위해서는 모든 네트워크 기능들의 자동화가 필수적이며 프로세스들의 자동화가 그 무엇보다도 중요하다.
- 안정성 및 회복력: 전송망 사업자들은 가상 네트워크 기능을 그들의 전송망에 도입했을 때 네트워크의 안전성, 회복력 및 가용성에 장애를 초래하지 않을 것이라는 확신이 필요하다. NFV가 고장 후 온-디맨드로 네트워크 기능을 재생성할 수 있게 하여 네트워크 회복 및 가용성을 개선할 수 있을 것으로 기대되며, 인프라 특히 하이퍼바이저와 그

구성이 안전하다면 가상 어플라이언스는 물리적 어플라이언스처럼 안전할 것이다.

- 네트워크 안정성: 여러 하드웨어 판매업자들과 여러 하이퍼바이저들 간에서 생긴 다수의 가상 어플라이언스들을 관리하고 오케스트레이션 할 때의 전송망의 안정성을 보장해 주어야 한다. 특히 가상 기능이 탑재한 지점을 바꾸거나, 하드웨어나 소프트웨어 실패로 가상 기능을 재구성하는 중이거나, 사이버 공격을 받는 경우에 대한 안정성 보장은 매우 중요하다.
- 단순성: 가상 어플라이언스가 기존의 네트워크 어플라이언스보다 간단할 것이라는 보장이 필요하다. 지금 전송망 사업자들에게 중요한 관심사는 현재 영업이익을 창출하는 주요 사업을 계속 지원하면서 지난 수십년 동안의 네트워크 기술의 진화 동안에 생긴 복잡한 네트워크 플랫폼과 지원 시스템들을 어떻게 단순화 하느냐이다.
- 통합: NFV의 주요 과제는 여러 개의 가상 어플라이언스를 고용량 서버들 상에 문제없이 통합하는 것이다. 전송망 사업자들은 여러 판매업자들에게서 구매한 서버들이나 하이퍼바이저들을 지나친 통합 비용이나 특정 판매업자에게 종속되는 경우 없이 다양한 서버나 하이퍼바이저들을 결합 및 혼합할 수 있어야 한다.

등), 보안 장비(Firewalls, IPSs, UTMs 등)와 애플리케이션 레벨의 최적화 솔루션들(Load Balancers, ADCs, CDNs 등)이 포함된다.

2. Kick-off 미팅

2013년 1월에 프랑스에서 최초 미팅이 개최되었으며 네트워크 기능 가상화와 관련된 유저 케이스와 주요 이슈들을 정리하였다.

Kick-off 미팅에서는 12개 단체로부터 약 50개 이상의 발표가 있었다. RAN 가상화부터 어플리케이션까지 다양한 유저 케이스, 시각 동기화부터 오케스트레이션, 상호 연동에서부터 오픈 인터페이스와 멀티 벤더 지원에 대한 다양한 논의가 이루어 졌다.

표준화 회의에서는 기본 아키텍처 모델을 설계하고 5개 트랙으로 나뉘어져서 논의가 이루어졌다. 5개 트랙은 다음과 같다.

- 트랙1: 가상 인프라 아키텍처
- 트랙2: 네트워크 기능을 위한 소프트웨어 아키텍처
- 트랙3: 성능
- 트랙4: 신뢰도, 가용성, 보안
- 트랙5: 관리와 오케스트레이션

향후, 논의를 거쳐 워킹 그룹으로 발전할 것으로 보인다.

III. NFV 표준화

1. 표준화 발의

지난 2012년 10월 22일부터 24일까지 독일의 다름슈타트에서 제 1회 “SDN & OPENFLOW WORLD CONGRESS”가 열렸다.

이 행사에서 ISP들은 융통성 부족과 이익창출의 장벽이 존재하는 현재 네트워크에서 네트워크 솔루션들에 대한 혁신의 필요성을 강조했다.

통신 사업자들을 중심으로 NFV 백서를 발간하고, ETSI (European Telecommunications Standards Institute)에서 NFV ISG(Industrial Specification Group)라는 이름의 발의안을 이 행사에서 발표하였다. NFV는 네트워크 기능들과 네트워크 서비스들의 가상화를 가속하여 네트워크 인프라 자체를 표준화를 하려고 한다 [2,3].

NFV는 유선, 무선 네트워크 장비의 모든 데이터 평면 패킷 처리와 제어 평면 기능들에 적용이 가능하며 스위칭 요소들(라우터, BNGs), 모바일 네트워크 노드들(SGSN, GGSN, RNC

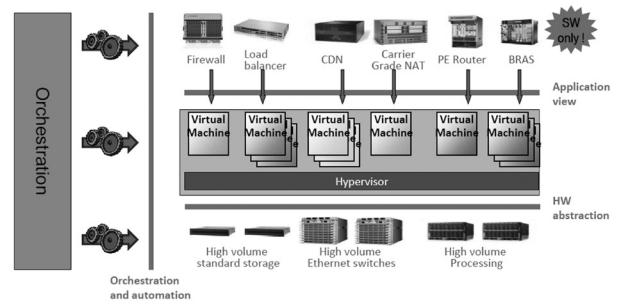


그림 3. NFV ISG 기본 아키텍처 모델

3. 참여 기관

현재 유럽, 북미, 일본의 통신 사업자와 글로벌 장비 업체를 중심으로 31개 업체가 멤버로, 28개 업체가 참여자로 등록되어 있으며, 국내에서는 KT가 멤버로 등록되어 있다.

IV. NFV 구현 사례

1. CHANGE 프로젝트 개요

CHANGE 프로젝트는 EC(European Commission) FP7

(Framework Programme 7) 프로젝트 중 하나로서 총 예산은 5.6백만 유로이며 기간은 2010년 10월 1일부터 2013년 9월30일까지이다.

40여년전 미국의 DARPA프로젝트에서 시작한 인터넷 프로토콜은 전송망에서 데이터그램을 best-effort 전달만 하도록 하고 백본 코어 안에서는 OSI 모델의 제3계층인 인터넷 계층, IP 계층 이상의 계층 처리를 하지 않아야 하는 것을 원칙으로 하였지만 지난 15년간 IPv4 주소 부족, 전송망들의 보안 조치들로 NAT, Firewall 역할(제4계층 이상의 처리)을 하는 하드웨어 박스인 미들박스가 코어 안에 많이 설치되고 변질되어 온 오늘날의 인터넷의 문제점을 CHANGE 프로젝트에서 해결하고 인터넷 상의 새로운 혁신을 불어넣는 것을 목적으로 하며 NFV에서 해결하려고 하는 부분과 유사한 점이 많다.

이를 위해서 CHANGE 프로젝트에서는 플로우를 정의하고 응용 서비스에 대하여 종단간 사용자에게 혁신적인 서비스를 제공하는 프로그래머블 플로우 프로세싱 플랫폼과 다수의 통신 프로세싱 플랫폼을 결합하는 구조를 제시하는 것을 목표로 한다.

CHANGE 는 기존 네트워크 환경에서 CHANGE 아키텍처를 실험하여 검증하고 점차적으로 조금씩 구축해 나갈 수 있는 솔루션이어서 많은 라우터 장비업체들의 관심을 받는 듯하다.

CHANGE 프로젝트에 참여하고 있는 파트너들은 독일의 Eurescom GmbH, Deutsche Telecom AG, Technische Universität Berlin 영국의 NEC Europe LTD, University College London, Lancaster University, 벨기에 Université Catholique de Louvain, 로마 Universitate Politehnica din Bucuresti, 이탈리아 Nextworks 와 Università di Pisa 이다.

2. 플로우 프로세싱 플랫폼

CHANGE 프로젝트에서 플로우는 유저와 네트워크 상에서 공통으로 고유하게 정의되고 사용 및 관리되며 플로우 네이밍은 비트맵방식으로 나타내고 있다.

상기 정의된 플로우를 처리하기 위하여 플로우 프로세싱 플랫폼에서는 x-86 기반의 서버를 구성하고 서버상에서 VM 기반으로 소프트웨어 미들 박스를 종단 유저나 망사업자가 요구할 시에 구동한다. 기존 네트워크에 위치했던 하드웨어 미들 박스를 플로우 프로세싱 플랫폼으로 대체하여 사업자가 서버의 프로세서를 구동할 수 있게 하여, scale-up, scale-down, scale-out 및 기능과 서비스 변경을 용이하게 하도록 한다.

플로우 프로세싱 플랫폼은 오픈플로우 스위치같은 프로그래머블 스위치, 컨트롤러, x86 기반의 상용 서버로 구성되며 임의의 포트로 입력된 플로우는 오픈플로우 스위치에 의해 모듈 호스트내의 PM에 배정되어 예정된 네트워크 기능(VN 또는 하드

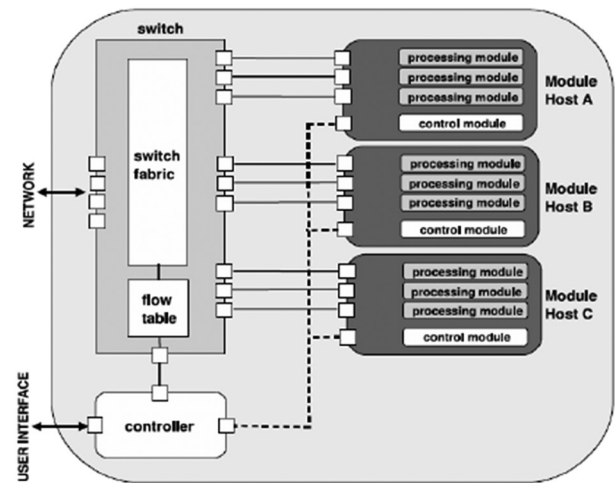


그림 4. 플로우 프로세싱 플랫폼

웨어 형태)이 수행된 후 스위치 출력 포트로 보내진다.

플로우 프로세싱 플랫폼에서 오픈플로우 스위치는 입력 플로우를 임의의 적절한 모듈 호스트에 배정한다.

컨트롤러는 플랫폼 자원으로부터 할당 요구를 수신한 후 플랫폼 자원을 할당하고 PM을 생성하며, PM에서 필요한 프로세싱을 초기화하고 스위치에서 엔트리를 설치한다. 플로우 프로세싱 플랫폼 전체를 관장하는 컨트롤러는 별도의 서버에 위치할 수도 있고 모듈 호스트 중 하나에 놓일 수도 있다. 또한 소프트웨어 기반의 L4+ 네트워크 처리뿐 아니라 기존 하드웨어 기반 미들박스도 플로우 프로세싱 플랫폼 내의 모듈 호스트 위치에 놓일 수도 있다.

모듈 호스트에는 자체의 컨트롤 모듈과 PM(processing modules) 이라고 불리는 다수의 VM이 존재한다. VM은 실질적인 네트워크 기능을 처리한다. PM에서는 DPI, NAT, FIREWALL, 침입 감지 시스템 기능들이 처리될 수 있으며 또한 플로우 프로세싱을 유연하게 하기 위하여 DPI 박스같은 하드웨어 자체가 PM 이나 DPI VM 자리에 존재하여도 된다.

모듈 호스트 내의 PM에서는 서로 다른 유저들의 다중화, 유저들간의 격리와 성능을 위하여 Netmap, ClickOS, FlowOS를 설계하고 API를 정의하고 구현하고 있다.

Netmap 은 고속 프레임워크로 커널 레벨에서의 유저 패킷 처리가 목적이며 사용자 영역에서 NIC 링 버퍼 선택을 직접 접근 가능하도록 하므로써 불필요한 작업들을 최소화하여 성능을 개선하고 안정성을 보장한다.

ClickOS는 기존의 XEN과 같은 하이퍼바이저에서 동작하는 VM 을 가볍게 하는 것을 목적으로 한다. ClickOS는 OS 상에서 원하는 네트워크 기능을 Click 하여 동작하도록 하여 유저들간의 격리와 동일한 하드웨어 상에서의 다중화가 가능하도록 하고 있고 있는 miniOS 이다 [4, 9].

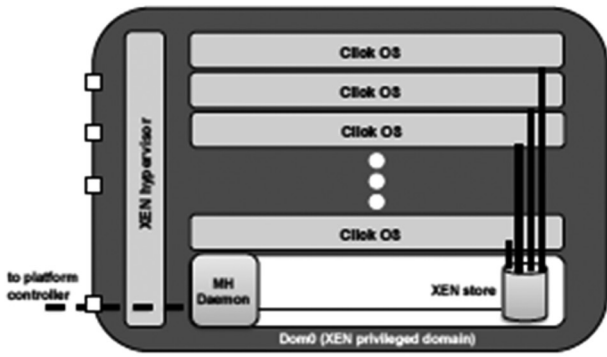


그림 5. ClickOS 구조

FlowOS는 플로우 프로세싱을 위하여 새로운 OS로서 플로우를 정의하고 데이터 병렬처리가 가능하도록 하고 플로우 데이터에 대한 윈도우 메커니즘을 적용하여 동기화 기능을 제공한다. FlowOS는 커널 모듈로서 NIC 로부터 입력되는 IP 패킷을 처리한다. 또한 각 플로우에 대하여 공유 가상 큐를 생성하고 각 플로우 별로 버퍼에 저장한다. 하나의 플로우는 다수의 가상 큐에 저장되며 각 프로토콜 별로 분리되어 있다 [9].

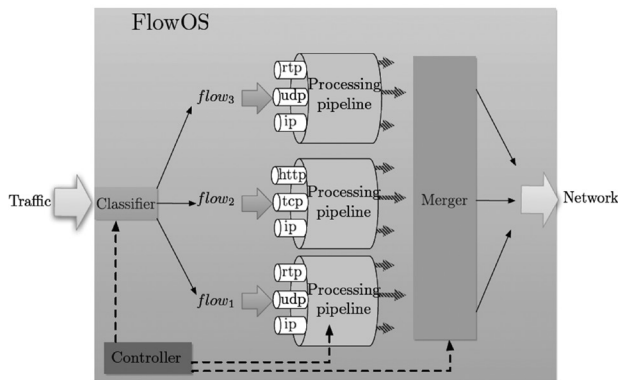


그림 6. FlowOS 구조

Netmap과 FlowOS는 ClickOS 상에 동작될 수 있다. 그리고 FlowOS는 데이터 경로의 빠른 처리를 위하여 Netmap 상에서 동작 가능하다.

3. 적용 사례

CHANGE에서는 구성, 사용자, 네트워크, 서비스의 4가지 관점에서 예상 적용 사례에 대하여 정리하고 있다(<표 1>참조).

4. 결과

NFV에 대한 성능을 검증한 결과 평균적으로 3MPPS(Million Packets Per Second) 처리 성능을 보였으며 전용 장비와 비교하여 50% 정도의 에너지 절감 효과도 있었다고 한다. 따라서

표 1. 적용 사례

#	Name	Use case/benefit
Organisation-based Scenarios		
01	Virtual ISP	Virtual topologies on top of any substrate, spanning across ISPs
02	Content-Distribution Networks	Building CDNs without having to own physical infrastructure, can place CDN nodes at convenient location in the network
03	Follow-the-Sun Data Centres	Optical usage of resources by moving VMs and DCs
Network-based Scenarios		
N1	Shadow Networks	Debugging and testing in parallel to production on live networks
N2	Experimentation	Experiments on real-world production networks
N3	Technology Migration and Deployment	Parallel/virtual deployment of new technologies into existing substrates
N4	Network Partitioning and Resource Allocation	Light-weight MPLS-like provisioning
N5	Network and Link Load Balancing	Dynamic traffic engineering and shaping
N6	Load Balancing and Path Selection within Data Centres	Better usage of network resources in DCs
N7	Lawful Intercept	Exploit flow-processing to mitigate the need of specialized equipment
N8	Network Substrate for Data Centres	An "opened network framework" for Data Centres to allow network-aware service workflows with high flexibility, increased systems performance, reduced CAPEX/OPEX openness to innovation flows
N9	Hardware-accelerated Software Routers	Commodity-based flexible software routers
Service-based Scenarios		
S1	Network as a Service	Provisioning of virtualized circuits/networks on existing substrates
S2	In-Network Service-on-Demand	Dynamic VPNs for customers/services
S3	Application/VM migration	Move VMs/services closer to customers, without needing middle-boxes
S4	Shippable Attack Mitigation	Filtering attacks close to their sources, for instance to counter Ddos
S5	Distributed IDS	IDS capabilities, spread throughout a network, without middle-boxes
S6	Distributed Firewall/Policy Enforcer	Centralised network-wide packet filtering and policy enforcement
S7	Middle-box-Aggregation	Easier maintenance and setup, more competition in applications
S8	Network Admission Control	NAC without the need for specialized NAC protocols
S9	Deep Packet Inspection	DPI without specialized middle-boxes
Protocol-based Scenarios		
P1	Flow Monitoring	More transparency through OpenFlow framework.

실제 통신망 장비에서의 NFV 실현 및 적용 가능성을 엿볼 수 있다.

CHANGE 프로젝트에서는 요구사항[5,7] 시나리오[5,7], 플로우 프로세싱 아키텍처 및 규격[6,8] 플랫폼 컨트롤러 구조 및 구현[9,10], 플랫폼간 시그널링[11], 플로우 프로세서 플랫폼 결합 프로토콜 및 메커니즘[12], 플랫폼간 통신 소프트웨어를 위한 네트워크 아키텍처[13], 네트워크 아키텍처[14], 어플리케이션 전개를 고려한 아키텍처[15] 등에 관한 문서와 Netmap[9], ClickOS[9], FlowOS[9] 등 개발된 소스들이 결과물로 공개된다. 2013년 6월 제한적으로 소스들을 공개할 예정이다.

CHANGE 프로젝트는 초기에는 오픈플로우 하드웨어 단순성과 SDN 노스바운드 소프트웨어의 복잡성에 초점을 맞추었으나

점차적으로 실제망에 적용하는 과정에서 고성능 및 가상화기반의 포워딩과 프로세싱에 주안점을 두고 있다.

V. 결론

네트워크 기능 가상화(NFV)는 이미 시작되었으며 몇 년 후면 통신 산업계도 IT 산업계와 비슷하게 닮아 있을 것으로 보인다.

NFV 기술이 적용된 상용 서버, 스토리지 및 네트워크는 전송망 사업자들이 증가하는 트래픽 요구에 대처할 수 있게 하고 가격 면에서 더 효율적인 네트워크 가동 환경을 만들고 그 결과로서 에너지 절약과 전송망 자원을 효율적으로 이용할 수 있도록 하며 네트워크 노드들의 업그레이드를 위해서 하드웨어를 바꿀 필요가 없게 함으로써 융통성 있는 네트워크 관리가 가능하게 하고, 하드웨어 통합으로 하드웨어 수를 줄이고, 멀티 테넌시를 지원하고 새로운 서비스를 위한 구성을 쉽게 하기 위한 자동화를 제공할 것으로 예상된다.

NFV는 기존 네트워크 장비 업체에 기반을 둔 전통적 장비와 공존하면서 새로운 종류의 생태계를 생성하는 기회를 제시할 것으로 보인다.

Acknowledgement

본 연구는 방송통신위원회의 미래인터넷 원천기술개발사업 연구결과로 수행되었음. (KCA-2012-12-921-05-001)

참고 문헌

- [1] http://www.tid.es/es/Documents/NFV_White_PaperV2.pdf
- [2] <http://www.etsi.org/about/how-we-work/industry-specification-groups>
- [3] <http://portal.etsi.org/portal/server.pt/community/NFV/367>
- [4] Eddie Kohler, Robert Morris, Benjie Chen, John Jahnotti, and M. Frans Kasshoek. The click modular router. ACM Transaction on Computer Systems, 18(3):263–297, 2000.
- [5] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D2_1.pdf
- [6] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D2_2_revised.pdf
- [7] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D2_3_revised.pdf
- [8] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D2_4_revised.pdf
- [9] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D3_2_Revised.pdf
- [10] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D3-3_Revised.pdf
- [11] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D4-2_Revised.pdf
- [12] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D4-3_Revised.pdf
- [13] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D4-4.pdf
- [14] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D5-2.pdf
- [15] http://typo3.change-project.eu/fileadmin/publications/Deliverables/CHANGE_Deliverable_D6-1.pdf

약 력



이 정 희

1984년 경북대학교 전자공학 학사
1991년 경북대학교 전자공학 석사
1984년~현재 한국전자통신연구원
스마트노드플랫폼연구실 책임연구원
관심분야: 플로우 프로세서, 패킷스위칭 기술,
스마트네트워크



이 상 민

1994년 경북대학교 전자공학 학사
1996년 경북대학교 전자공학 석사
2000년~현재 한국전자통신연구원
스마트노드플랫폼연구실 책임연구원
관심분야: 패킷전달망 기술, 스마트네트워크



최 강 일

1992년 KAIST 전자계산학과 학사
1994년 서강대학교 전자계산학과 석사
2010년~현재 한국전자통신연구원
스마트노드플랫폼연구실 선임연구원
관심분야: 스마트인터넷, 네트워크가상화기술



이 범 철

1983년 연세대학교 전자공학 석사
1997년 연세대학교 전자공학과 박사
1983년~현재 한국전자통신연구원
스마트노드플랫폼연구실장
관심분야: 스마트네트워크, 플로우 처리 기술,
네트워크 가상화기술