

IETF의 SDN 및 NFV 기술 표준화 동향

백은경, 정기태
KT 인프라연구소

요약

네트워크가 급변하는 시장 요구에 대응하기 위하여 소프트웨어 기반의 인프라와 기능을 도입하고 있다. 유연성과 신속한 변경 등의 장점을 제공하는 SDN 및 NFV와 같은 소프트웨어 기반 기술은 IETF의 표준화에도 광범위한 영향을 주고 있다. 본 고에서는 IETF에서 진행 중인 SDN 및 NFV 기술 표준화 동향을 고찰한다. IETF는 SDN과 NFV 기술을 구현하기 위하여, 기존 표준 기술을 활용하는 방법과 신규 프로토콜의 정의를 동시에 논의하고 있다. 최근에 SDN 및 NFV 관련 구현 기술뿐 아니라 벤치마킹 방법론까지 표준화 논의 범위가 확대되면서, SDN/NFV의 실현이 구체화되고 있다.

I. 서론

인터넷 환경의 변화가 급속히 진행됨에 따라 네트워크 인프라와 기능에 대한 요구사항이 다양해지고 있다. 네트워크 사용자의 새로운 요구사항을 충족시키기 위하여, 네트워크 인프라에 소프트웨어의 장점을 적용하는 기술에 관심이 집중되고 있다. 네트워크 인프라에 소프트웨어를 적용함으로써 얻을 수 있는 장점을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 소프트웨어는 하드웨어에 비하여 빠른 수정이 가능하므로, 변화의 주기가 짧은 시장 환경에 민첩하게 대응할 수 있다. 기존 하드웨어는 해당 하드웨어를 제조한 생산자만이 수정할 수 있으므로, 하드웨어 사용자가 수정을 원하는 경우에 하드웨어 생산자에게 요청하고, 수정한 후, 수정 결과를 사용자가 다시 받아서 검증하는 절차를 거쳐야 한다. 이러한 절차에 소요되는 시간의 소비는 빠르게 변화하는 시장에서 경쟁력을 약화시키는 요인이 된다. 반면에 소프트웨어는 소스 코드에 접근할 수 있는 누구나 신속하게 수정할 수 있다.

둘째, 소프트웨어는 하드웨어에 비하여 변경이 용이하므로 다양한 사용자 요구를 맞춤형으로 만족시킬 수 있다. 정보통신 서

비스 시장에서 획일화된 서비스의 대량 생산은 세분화된 산업 분야의 다양한 요구사항을 만족시키는 데 한계에 부딪히고 있다. 극심한 글로벌 경쟁 환경에서 차별화된 서비스에 대한 요구가 증가하고 있는데, 소프트웨어 기반의 기술을 활용하면 사용자 별로, 또는 서비스 별로 서로 다른 네트워크 인프라와 기능을 유연하게 제공할 수 있다.

셋째, 소프트웨어는 하드웨어에 비하여 진입 장벽이 낮고, 원가 대비 고수익을 창출할 수 있다. 소프트웨어는 생산 설비를 갖추지 않아도 전문 인력만으로 생산이 가능하므로, 하드웨어에 비하여 상대적으로 진입장벽이 낮다. 또한 부가가치가 높으므로, 원가 대비 고수익을 기대할 수 있다.

소프트웨어의 장점을 네트워크 인프라와 기능성 장비에 도입하는 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN: Software-Defined Networking) 기술과 네트워크 기능 가상화(NFV: Network Function Virtualization) 기술에 관심이 집중되고 있다. 이에 따라 SDN 기술과 NFV 기술을 표준화하는 노력이 다양하게 진행되고 있다. 본 고는 국제 인터넷 표준화 기구인 IETF(Internet Engineering Task Force)[1]에서 진행하는 SDN 및 NFV 기술의 표준화 동향을 고찰한다. 먼저 제 2장에서 IETF와 IRTF(Internet Research Task Force)의 표준화 그룹 또는 연구 그룹의 표준화 과정을 설명한다. 제 3장에서 IETF와 IRTF의 SDN 기술 표준화 동향을 분석하고, 제 4장에서는 NFV 기술 표준화 동향을 소개한다. 이어서 제 5장에서는 SDN 기술과 NFV 기술의 벤치마킹 방법론과 관련한 표준화 동향을 기술한다. 마지막으로 제 6장에서는 아직 표준화 그룹으로 설립되지는 않았지만 SDN 및 NFV 표준화 항목으로 논의되는 기술 분야를 소개한 후, 향후 전망과 함께 글을 맺는다.

II. IETF와 IRTF의 표준화 과정

IETF의 표준화는 기술 성숙도에 따라 다음과 같이 두 가지 표준화 단계를 거친다. 첫째, 단기간에 표준화 가능한 성숙한 기

술의 경우에는 IETF 워킹 그룹(WG: Working Group)을 신설하여 목표하는 프로토콜을 표준화한다. 이 때에는 관심 있는 표준전문가들이 BoF(Birds of a Feather)라고 불리는 사전 회의를 2차례 개최할 수 있다. BoF를 2차례 이내 개최하는 동안 해당 기술 항목의 표준화 필요성에 대한 동의를 득하면 IETF의 승인을 거쳐 표준화 WG을 신설할 수 있다.

둘째, 표준화하고자 하는 관심이 있는 기술이지만 기술적 성숙이 필요한 경우에는 먼저 IRTF의 연구그룹(RG: Research Group)[2]을 설립하여 기술의 표준화가 가능할 때까지 연구 기간을 거친다. RG를 통하여 기술이 표준화 가능한 수준으로 성숙하면, IETF WG을 설립하여 표준화한다.

IETF는 SDN 및 NFV 기술을 표준화하기 위하여, 기존 WG에서 표준화하고 있는 프로토콜을 이용하여 SDN/NFV 개념을 단계에 구현할 수 있도록 하는 활동을 진행하는 동시에, 새로운 요소 기술을 표준화하는 WG을 신설하기도 한다. 새롭게 표준화 요구가 제기되는 SDN 또는 NFV 요소 기술 중에서 근본적인 개념부터 정의가 필요한 내용은 IRTF의 RG에서 중장기적인 목표를 세우고 연구를 진행하고 있다.

III. IETF의 SDN 표준화

1. SDN의 개념

SDN은 네트워크의 제어부와 전달부를 분리하고, 제어부의 소프트웨어와 전달부 하드웨어 사이에 개방형 인터페이스를 정의한다. 따라서 네트워크 운영자는 제어부를 프로그래밍하여 전달부를 원하는 방식으로 제어할 수 있다.

〈그림 1〉은 SDN의 기본 개념을 나타낸다. 〈그림 1〉에서, 기존 네트워크는 제어부와 전달부가 한 장비 내에 폐쇄적으로 결합되어 수정이 어려웠다. SDN에 의하여 제어부와 전달부를 분리하고 개방형 인터페이스를 정의하면, 제어부가 개방형 인터페이스를 통하여 전달부를 제어할 수 있도록 프로그래밍할 수

있다. 이와 같은 개방적 구조는 신속하고 유연한 시장 대응을 가능하게 한다.

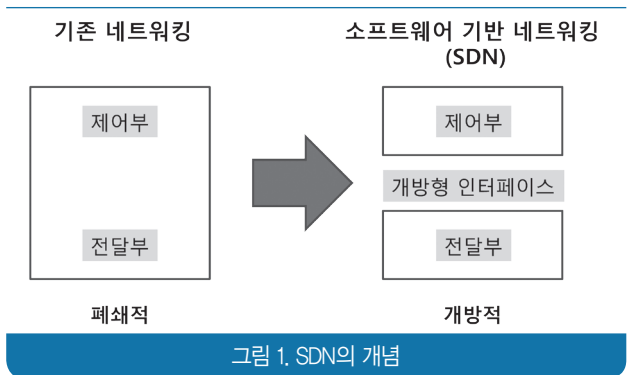
2. IETF의 SDN 표준화 WG

SDN 개념을 구현하기 위하여 새로운 인터페이스와 프로토콜의 표준화가 요구되는 부분과, 기존 프로토콜의 활용이 가능한 부분이 있다. IETF는 이러한 요구를 반영하여 기존 WG과 신설 WG에서 각각 SDN 관련 기술을 표준화하고 있다. SDN과 관련한 WG과 BoF를 열거하면 다음과 같다.

- 라우팅 시스템 인터페이스(I2RS: Interface to the Routing System) WG
- 전달 및 제어 요소 분리(FORCES: Forwarding and Control Element Separation) WG
- 경로 계산 요소(PCE: Path Computation Element) WG
- 출발지 패킷 라우팅 기반 네트워킹(SPRING: Source Packet Routing in Networking) WG
- 제 2계층 가상 사설 네트워크(L2VPN: Layer 2 Virtual Private Networks) WG
- 제 3계층 가상 사설 네트워크(L3VPN: Layer 3 Virtual Private Networks) WG
- 네트워크 가상화 오버레이(NVO3: Network Virtualization Overlays) WG
- 애플리케이션 계층 트래픽 최적화(ALTO: Application-Layer Traffic Optimization) WG
- 위치자/식별자 분리 프로토콜(LISP: Locator/ID Separation Protocol) WG
- 전송 네트워크 추상화 및 제어(ACTN: Abstraction and Control of Transport Networks) BoF

I2RS[3] WG은 제어부와 전달부 사이의 개방형 인터페이스를 표준화하기 위하여 신설된 WG으로 제어부와 전달부 사이의 통신을 위한 인터페이스 에이전트 중심의 아키텍처와 정보 모델을 표준화하고 있다. FORCES[4] WG, PCE[5] WG, SPRING[6] WG, L2VPN[7] WG과 L3VPN[8] WG, NVO3[9] WG, ALTO[10] WG, LISP[11] WG 등은 기존에 표준화하던 프로토콜을 기반으로 SDN에 활용 가능한 기술을 표준화 하고 있다.

ACTN BoF는 전송망을 위한 SDN 기술을 표준화하기 위하여 제안되어, 2014년 7월에 개최된 제 90차 IETF 회의에서 첫 번째 BoF 회의를 열고 WG 신설을 논의하였다. 이 WG에서는 다양한 도메인의 네트워크를 포함하는 전송망을 가상화하여 네트



워크 서비스를 동적으로 제공하기 위한 기술이 논의되었다. 이 기술의 표준화를 위한 WG 신설 여부는 제 91차 IETF에서 두 번째 BoF를 열어 논의한 결과를 바탕으로 결정하게 된다.

IETF의 WG에서 표준화하는 항목 이외의 SDN 기술은 IRTF의 SDN RG[12]에서 논의하고 있다. SDN RG는 SDN의 정의, 모델 분류, IETF WG이나 타 표준화 기구에서 진행되는 작업과의 관계적 이슈 등을 논의한다. 또한 SDN의 기술적 이슈인 확장성, 적용성, 시스템 복잡도, 네트워크 정의 언어 및 추상화와 보안 등을 광범위하게 다룬다.

IV. IETF의 NFV 표준화

1. NFV의 개념

NFV는 개별 하드웨어로 제공하는 네트워크 기능을 범용 서버에 설치할 수 있도록 소프트웨어화하는 개념으로, 유럽 통신 표준 협회(ETSI: European Telecommunications Standards Institute)[13]에서 제안되었다. <그림 2>는 NFV의 개념을 나타낸다. 그림 2에서 보듯이 방화벽, 네트워크 주소 변환(NAT: Network Address Translation) 등과 같은 기능을 하는 장비(appliance)가 기존에는 전용 하드웨어 장비에 폐쇄적으로 설치된 형태였다. NFV는 이러한 기능을 소프트웨어화 하여 범용 하드웨어 장비에 설치 가능하도록 한다. 따라서 네트워크 기능 개발에 새롭게 참여하는 후발 생산자에게 시장 진입 장벽을 낮추어 주는 효과가 있으며, 사용자 입장에서는 네트워크 기능 선택의 폭을 확대할 수 있는 개념이다.

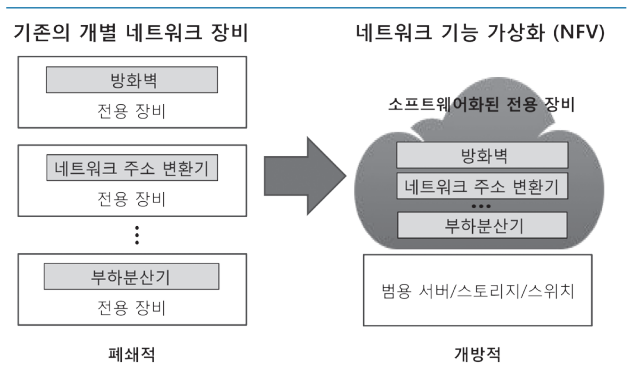


그림 2. NFV의 개념

2. IETF의 NFV 표준화 WG

IETF의 서비스 기능 연결(SFC: Service Function Chaining) WG은 NFV 개념을 구현하기 위하여 요구되는 프로토콜 중에서

가상 네트워크 기능(VNF: Virtual Network Function)을 사용자가 원하는 대로 연결할 수 있도록 하는 기술을 표준화하기 위하여 신설되었다. 2014년 3월에 열린 제 89차 IETF에서 첫 회의를 개최한 SFC WG은 문제 정의, 아키텍처, 적용 사례 등을 표준화 하고 있다[14-16]. SFC WG에서 표준화 대상으로 하는 적용 사례로는 데이터 센터, 모바일 네트워크, 방화벽, 콘텐츠 전달 네트워크(CDN: Content Delivery Networks) 등이 있다.

NFV 기술과 관련하여 새롭게 제안되는 표준화 기술로는 가상 네트워크 기능 풀(VNFPOOL: Virtualized Network Function Pool)이 있다. VNFPOOL BOF는 다음과 같은 이슈를 표준화할 것을 제안하고, 제 90차 IETF에서 회의를 개최하였다.

- VNF 풀 내의 이중화 관리: VNF 소프트웨어 인스턴스(instance) 등록, 백업 인스턴스 선택, 활성 인스턴스와 비활성 인스턴스 간의 전환 등
- VNF 풀 관리자와 네트워크 간 프로토콜: VNF 백업 인스턴스를 선택하기 위한 네트워크 정보 수집
- VNF와 서비스 제어기 간 프로토콜: VNF와 서비스 제어기 간 운영 정보 교환
- 인터페이스 식별 및 분석: VNF 풀 내에서 이중화 관리 관련 메시지 전달
- 보안 특성 분석과 공격 식별 및 완화 요구 분석: VNF 간 신뢰 모델, VNF 풀 관리자와 VNF 간 신뢰 모델

V. SDN과 NFV 테스트 기준

벤치마킹 방법론(BM: Benchmarking Methodology) WG은 네트워크 장비, 시스템, 서비스 등을 위한 핵심 성능 특성과 관련한 권장 사항을 산출하는 WG이다. 최근 SDN 및 NFV 기술에 관심이 집중되면서, SDN 제어기(controller)나 VNF 기반구조(infrastructure)를 위한 벤치마킹 방법론이 BM WG에서 제안되고 있다.

제 90차 IETF의 BM WG에서 발표된 오픈플로우(OpenFlow) SDN 제어기 성능을 위한 벤치마킹 방법론에 대한 기고문은 테스트 환경 설정 방법과 테스트를 위한 고려 사항 및 테스트 내용을 제안하고 있다[17]. 오픈플로우는 앞서 <그림 1>에서 설명한 제어부와 전달부 사이의 통신을 위한 프로토콜로, 개방형 네트워킹 협회(ONF: Open Networking Foundation)에서 표준화하는 SDN 프로토콜이다[18][19]. SDN 제어기 성능을 위한 벤치마킹 방법론 기고문에서 제안하는 SDN 테스트 항목은 다

음과 같다.

- **성능:** 네트워크 부하가 일정한 상태와 부하가 증가하는 상태 각각의 경우에 플로우 설정 속도, 네트워크 부하에 따른 플로우 설정 지연
- **확장성:** 오픈플로우 연결 용량, 스위치 확장 범위, 플로우 확장 범위
- **신뢰성:** 오픈플로우 연결 오류 처리, 서비스 거부(Denial of Service) 처리, 제어기 오류복구 시간, 데이터 경로 복구 시간

제 90차 IETF의 BM WG 회의에서는 VNF 및 VNF 기반구조 벤치마킹 권장에 관한 기고문도 발표되었는데, 이 문서는 VNF 벤치마킹을 위하여 다음 사항을 고려할 것을 제안하였다[20]. 이러한 사항에 따라 NFV 기술의 성능이 달라질 수 있으므로, 기존의 하드웨어 장비 성능과 비교하여 벤치마크할 때 이러한 사항을 고려해야 한다고 제안한다.

- **하드웨어 구성요소:** 서버, 스토리지, 네트워크 인터페이스 포트, 스위치 등
- **플랫폼 변수(parameter):** 서버 블레이드(blade)의 개수, CPU, 캐쉬, 스토리지 시스템, 입출력(I/O)
- **VNF설치용 장비 변수:** 하이퍼바이저(hypervisor), 가상 머신(VM: Virtual Machine), 가상 네트워크
- **VNF 변수:** VNF에 구현된 기능, 서비스를 위해 연결된 VNF의 개수, 서비스를 위해 연결된 물리 인터페이스 및 링크의 개수

VI. 결론

SDN 및 NFV 기술에 의하여 네트워크를 소프트웨어화함으로써 네트워크의 민첩한 시장 대응 능력과 유연성을 향상시키려는 요구가 IETF의 표준화에 반영되고 있다. 본 고에서는 IETF와 IRTF에서 진행중인 SDN 및 NFV 관련 표준화 동향을 기존 표준 프로토콜 활용과 신규 프로토콜 표준화 관점에서 고찰하였다.

본 고에서 기술한 WG, BoF와 RG 이외에, 제 90차 IETF에서 SDN/NFV 관련 WG 신설을 위하여 제안된 기술로 다음과 같은 기술이 있다.

- 네트워크 기능 가상화를 위한 설정 및 모델링(NFVCON: Network Function Virtualization Configuration and Modeling)

- 애플리케이션 주도의 협업 네트워크(AECON: Application Enabled Collaborative Network)
- 네트워크 기능을 위한 애플리케이션 기반 정책(APONF: Application-based Policy for Network Functions)

이들 기술은 제 90차 IETF 회의에서 BoF 회의 개최 후보로 채택되지 못하였으나, NFVCON 기술은 운영 및 관리 분야 WG(OPSAWG: Operations and Management Area Working Group) 회의에서 논의되었다. AECON 기술은 네트워크와 애플리케이션 사이의 보다 나은 통신 방식을 논의하고자 제안되었으나, 타 WG의 표준화와 중복될 여지가 있고 적용 사례가 명확하지 않아서 BOF 개최가 보류되었다. APOF는 애플리케이션을 위한 경로 설정 방법을 제안하는 것이었으나, 기존에 이와 유사한 기술의 적용에 실패한 전례가 있으므로 적용 방안을 보다 명확히 제시하는 것이 필요하다.

앞에서 기술한 IETF WG 신설 제안 외에, IRTF에서는 NFV RG BoF가 제안되었으나 채택되지 않았다. 채택되지 않은 기술들은 기존 WG 표준화 항목 대비 명확한 목표와 범위를 정의하여야 한다. 향후 이러한 사항을 보완하면 다시 IETF에서 논의될 가능성이 있다.

IETF가 SDN 및 NFV 기술의 구현을 위한 표준 기술뿐 아니라 벤치마킹을 위한 방법론으로까지 표준기술 논의의 범위를 확장함에 따라, 앞으로 SDN/NFV의 실현이 보다 구체화될 것으로 기대된다. IETF의 SDN/NFV 기술 표준화로 네트워크는 보다 유연해지고 사용자의 요구에 보다 신속하게 응답하는 체계로 발전해 나갈 것이다. 이러한 움직임은 최근 활성화되고 있는 SDN/NFV 관련 오픈 소스 커뮤니티의 발전으로 더욱 가속화 될 것으로 보인다. 이를 통해 네트워크의 경쟁력 확보와 시장 활성화의 선순환이 기대된다.

참고 문헌

- [1] IETF 홈 페이지, <http://www.ietf.org/>
- [2] IRTF 홈 페이지, <http://www.irtf.org/>
- [3] I2RS 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/i2rs/documents/>
- [4] FORCES 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/forces/documents/>
- [5] PCE 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/pce/documents/>
- [6] SPRING 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/>

spring/documents/
 [7] L2VPN 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/l2vpn/documents/>
 [8] L3VPN 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/l3vpn/documents/>
 [9] NVO3 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/nvo3/documents/>
 [10] ALTO 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/alto/documents/>
 [11] LISP 홈 페이지, <http://datatracker.ietf.org/wg/lisp/documents/>
 [12] SDN RG 홈 페이지, <https://irtf.org/sdnrg>
 [13] ETSI NFV 홈 페이지, <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv>
 [14] P. Quinn and T. Nadeau, "Service Function Chaining Problem Statement," draft-ietf-sfc-problem-statement-10 (Work in progress), Aug. 2014.
 [15] J. Halpern and J. Halpern, "Service Function Chaining (SFC) Architecture," draft-ietf-sfc-architecture-01 (Work in progress), Sep. 2014.
 [16] 이승익, 신명기, "서비스 체이닝 기술과 표준화 동향," 한국통신학회지, 2014년 9월호.
 [17] B. Vengainathan, A. Basil, and V. Manral, "Benchmarking Methodology for OpenFlow SDN Controller Performance," IETF draft-bhuvan-bmwg-of-controller-benchmarking-00 (Work in progress), Mar. 2014.
 [18] ONF 홈 페이지, <https://www.opennetworking.org>
 [19] OpenFlow 표준 규격서, <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/onf-specifications/openflow>
 [20] A. Morton, "Considerations for Benchmarking Virtual Network Functions and Their Infrastructure," IETF draft-morton-bmwg-virtual-net-01 (Work in progress), Jul. 2014.

약 력



백 은 경

1990년 이화여자대학교 이학사
 1992년 이화여자대학교 이학석사
 2004년 서울대학교 공학박사
 1992년~현재 KT 인프라연구소 SDN Project PM
 현재 개방형통신연구회 상임이사,
 TTA 미래인터넷PG 부의장
 관심분야: Software-Defined Networking (SDN),
 Network Function Virtualization (NFV),
 Mobility Management



정 기 태

1996년 일본 Tohoku Univ.(東北大學) 공학부
 전자공학과 박사
 1986년 KT 연구개발본부 전임연구원
 1996년 KT 가입자망연구소 수석연구원
 현재 KT 인프라연구소 상무부
 관심분야: Software-Defined Networking (SDN),
 Network Function Virtualization (NFV),
 Optical Network