

미래인터넷을 위한 네트워크 가상화 기술의 고찰

신명기 | 정상진 | 김형준
한국전자통신연구원

요약

최근 네트워크 가상화 기술은 미래인터넷을 위한 다중의 네트워크 구조를 단일 인프라내에 수용하기 위한 솔루션으로 국내외로 많은 연구가 진행되고 있다. 본 고에서는 네트워크 가상화에 대한 정의 및 미래인터넷에서의 네트워크 가상화 기술의 필요성과 접근방식에 따른 국내외 연구 프로젝트들을 살펴보고, 실제 상용기술로 실현하기 위한 기술적 과제들을 분석한다. 또한 최근 관련기술을 표준화 하기 위한 ITU-T, ISO, IETF/IRTF, TTA 등의 연구동향을 기술한다.

I. 서론

1974년 인터넷 개념이 처음 제안된 이후, 40년 가까이 인터넷은 현재 사용되는 글로벌 네트워크의 대표주자로 자리매김 하고 있다. 그러나 2000년대 들어서면서부터 통신환경의 급격한 변화 및 다양한 사용자 요구사항의 증대로 인해 현재의 인터넷이 갖는 근본적인 문제에 대해 심각한 고민을 하기 시작했으며, 그 연장선 중 하나로 최근 혁신적(Clean-slate) 설계 방법에 기반을 둔 미래인터넷 연구가 활발히 진행되고 있다 [1,2]. 미래인터넷 연구는 새로운 인터넷을 위한 설계 목표 및 요구사항을 정의하는 작업에서부터 시작하며, 이를 수용하는 새로운 아키텍처 구조 및 패러다임 연구와 이를 실험하고 검증하기 위한 새로운 테스트베드 연구로 구분된다.

최근 네트워크 가상화로 대변되는 새로운 개념이 이러한 미래인터넷 연구를 위해 크게 논의되고 있으며, 단기적으로는 다양한 미래인터넷 실험들을 하나의 테스트베드에 적용하고 실험하기 위한 수단으로서, 장기적으로는 다중의 이질적인 미래 아키텍처와 네트워크들을 단일 인프라내에 수용하기 위한 궁극적인 솔루션으로서 함께 논의되고 있다. 현재 네트워크 가상화 기술을 미래인터넷을 위한 테스트베드의 구축 수단으로 보는 데에는 아무런 이견이 없으나, 이를 미래인터넷의 궁극적인 아키텍처의 구성요소로 보는 데에는 찬반의 의견이 아직 분분하다[3,4]. 본 고에서는 먼저 이러한 다양한 의견들을 정리하여 현재 진행되고 있는 네트워크 가상화 기술의 정의 및 연구배경을 분석하고, 이를 기반으로 접근방식에 따른 연구 프로젝트들의 현황을 살펴본다. 그리고, 네트워크 가상화 기술이 실제 상용기술로 실현되기 위한 기술적인 이슈들을 살펴봄으로써, 네트워크 가상화가 미래인터넷의 궁극적인 아키텍처로 자리잡을 수 있을 것 인가를 예측해본다.

II. 네트워크 가상화의 정의 및 연구배경

네트워크 가상화에 대한 정의는 연구과제를 처음 제안한 프린스턴 대학[4]등의 연구그룹과 ITU-T FG-FN (Focus Group on Future Networks)[5,6], IRTF VNRG (Virtual Networks Research Group)[7,8] 등의 표준화 그룹에서 현재 활발히 논의되고 있다. 현재 논의중인 ITU-T FG-FN의 정의

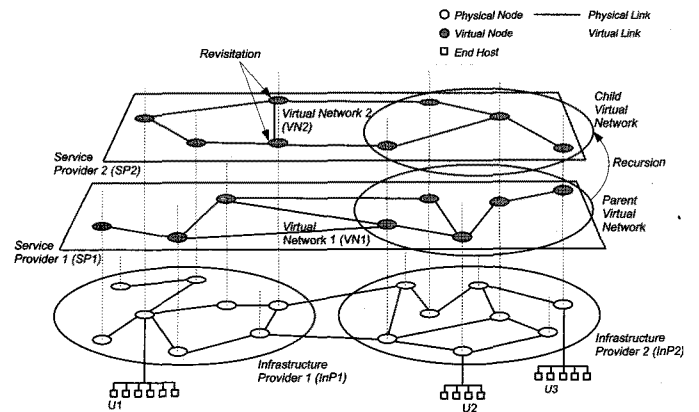
는 다음과 같다.

Network virtualization is the technology that enables the creation of logically isolated network partitions over shared physical network infrastructures so that multiple heterogeneous virtual networks can simultaneously coexist over the shared infrastructures. Also, network virtualization allows the aggregation of multiple resources and makes the aggregated resources appear as a single resource [6].

본 정의에서 중요한 점은 공유 인프라상에서 사용자에게 해 특정 목적을 위해 생성된 다중의 네트워크 (혹은 아키텍처)들이 동시에 공존하는 방법을 제공한다는 데 있으며, 이를 어떻게 실현하느냐가 네트워크 가상화의 가장 중요한 연구과제라고 할 수 있다.

네트워크 가상화는 이론적 토대는 1960년대에 IBM에서 개발한 가상화 이론에서 그 원리를 찾을 수 있으나, 가상화 방법에서 일반적으로 사용되는 가상머신 (Virtual Machine) 관련 기법이 반드시 사용되는 것은 아니며, 또한 기존의 가상 네트워크 (Virtual Networks) 통신 환경에서 많이 사용되는 VLAN (Virtual Local Area Network), VPN (Virtual Private Network) 등과도 계층간의 가상 네트워크 구성 방법 상에서 다른 의미와 적용 범위를 가지고 있다. 또한 종종 혼동되어 사용되는 액티브 네트워크, 오버레이 네트워크 등과도 목적하는 바는 일부 유사하나 실현하는 네트워크의 결과물이 크게 다르다고 보여진다[9].

일반적으로 네트워크 가상화 구조는 실제 자원을 제공하는 인프라 제공자와 이를 이용하여 논리적 가상 네트워크를 구성하는 서비스 제공자, 그리고 이를 이용하는 일반 사용자로 구분하여 기술된다. (그림 1)은 일반적인 네트워크 가상화 구조를 도식화하여 나타낸 것이다. 인프라 제공자는 실제 물리 네트워크 자원을 관리하며, 서비스 제공자에게 프로그래머블한 인터페이스를 제공한다. 서비스 제공자는 이러한 프로그래머블 인터페이스를 통해 물리 네트워크 자원을 할당받아 다중의 가상 네트워크를 구성하게 되며, 일반 사용자는 기존의 인터넷과 동일한 방법으로 생성된 가상 네트워크를 이용하게 된다[9].



(그림 1) 일반적인 네트워크 가상화 구조 [9]

III. 접근방식에 따른 연구 프로젝트 분석

본 장에서는 네트워크 가상화 기술을 실현하기 위한 연구 프로젝트들을 접근방식에 따라 분류하고 이를 논의한다. 미국의 GENI[10], OpenFlow[11] 등은 네트워크 가상화를 테스트베드 구축 수단으로 이용하여 사용자 실험을 위한 최적의 가상 네트워크를 구성하는데 목적을 두고 있으며, 유럽의 4WARD[12], Trilogy[13], GEYSERS[14]와 같은 유럽의 미래인터넷 프로젝트들은 서비스와 네트워크의 통합 접근방식 측면에서 네트워크 가상화를 미래인터넷의 핵심 구조로 포함시켜 논의하고 있다. 국내에서는 ETRI가 이러한 접근방식을 모두 수용하여 가상화 지원 프로그래머블 플랫폼 기술을 개발 중에 있다.

1. 미국의 GENI 테스트베드

혁신적(Clean-slate) 설계에 기반으로 둔 새로운 미래인터넷 연구는 이를 실험하고, 검증하기 위해 새로운 테스트베드를 요구한다. 현재의 인터넷은 패킷 기반의 점대점 TCP/IP 모델을 기반으로 구축되어, 새로운 패러다임에 따른 미래인터넷 핵심 기술들을 실험하고 검증하기에는 어렵기 때문이다. 이러한 테스트베드의 필요성은 1969년 ARPANet 이 현 인터넷의 테스트베드로서 TCP/IP 프로토콜과 패킷 스

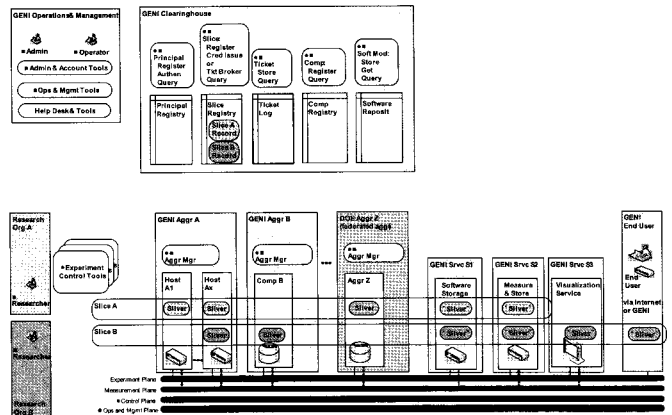
위칭을 글로벌 네트워크 상에서 구현하고 실험하였다면, 이제 미래인터넷을 위한 동일한 목적의 새로운 테스트베드가 필요하다. 미래인터넷 테스트베드를 위한 기본적인 요구사항으로는 물리계층을 포함한 전계층에 대해 실험이 가능하여야 하고, 네트워크를 프로그램-가능하여야 하며, ARPANet이 NSFNet으로 진화했던 것처럼, 앞으로의 상용수준의 진화도 고려하여 설계, 구축되어야 한다.

이를 위한 대표적인 연구로는 PlanetLab, VINI (Virtual Network Infrastructure), GENI(Global Environment for Network Innovation) 등을 들 수 있다. PlanetLab 기술은 현재의 인터넷상에 새로운 서비스 및 응용을 실험하기 위한 글로벌 테스트베드 환경을 제공하며, 기존 TCP/IP 기반의 L3 이상의 환경에서 새로운 프로토콜과 응용을 실험하는데 사용되고 있다. VINI는 사용자 제공 계층을 L2 계층에 까지 확장하여 설계한 테스트베드이며, 이러한 기본적인 아이디어를 통합하여 미래인터넷을 위한 새로운 테스트베드로 제안된 환경이 GENI이다. 미래인터넷 테스트베드에 대한 연구 테마로는 앞서 언급한 네트워크 가상화를 비롯하여 자원 통합 (Federation), 모니터링 (Monitoring), 측정 (Measurement) 기술 등이 포함된다.

GENI는 선행적인 미래인터넷 기술 실험을 위해 NSF에 의해 지원, BBN에 의해 운영되는 대규모 테스트베드로 GENI의 가장 큰 목표는 현 인터넷 상에서는 실험하기 어려운, 혁신적인 미래인터넷 기술을 새롭게 시험하고 검증하기 위해 대규모 시험 인프라로서 역할을 하는 것으로, 이는 GENI의 광 물리계층에서부터 응용계층에 이르기까지 전 계층에 걸쳐 모든 자원들의 가상화와 프로그램-가능 기능이 가능하도록 설계될 예정이다.

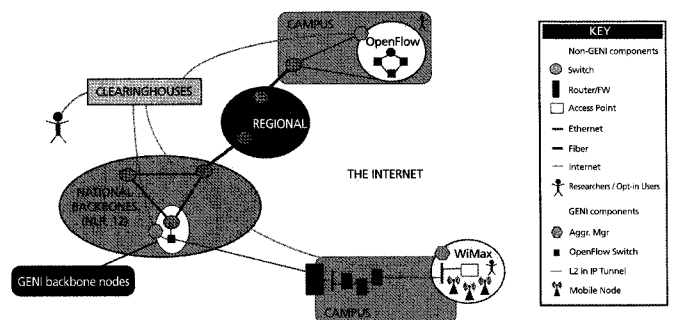
GENI의 가장 큰 아이디어는 개방화된 제어 프레임워크의 설계로 이를 통해 실험자는 실험에 요구되는 슬라이스라는 물리 자원을 할당받고 이를 통해 슬라이스라는 개념의 가상 네트워크를 할당받아 실험자에게 제공하는 개념을 가지고 있다. 이를 위해 GENI에서는 ProtoGENI와 같은 제어 프레임워크를 규격화 중에 있으며, 자원의 페더레이션을 위한 Aggregate Manager API 등을 설계 중에 있다. (그림 2)는 GENI 제어 프레임워크를 통한 슬라이스 생성 구조를 나타낸 것이다[10].

OpenFlow[11]는 GENI와 함께 미국의 대표적인 테스트베



(그림 2) GENI 제어 프레임워크 및 슬라이스 생성 구조 [10]

드 솔루션으로, 스탠포드 대학에서 개발되어 패킷 트래픽을 목적에 따라 플로우 단위로 분리하여 독립적인 포워딩을 가능하게 함으로써, 캠퍼스망과 실험망을 분리시키는 가장 현실적인 아이디어이다. 최근에는 GENI의 Meso-scale 도입 및 통합 계획과 연계되어, (그림 3)과 같이 미국내 OpenFlow 지원 캠퍼스망을 GENI 백본과 통합 구축하는 계획이 진행 중에 있다. GENI의 제어 프레임워크가 네트워크 가상화를 지원하는 중장기적인 모습이라면, OpenFlow는 당장 도입이 가능한 네트워크 가상화의 현실적인 실현 예라고 볼 수 있으며, OpenFlow에 FlowVisor와 같은 제어 기능이 추가됨으로써, 단순한 플로우 식별 및 트래픽 분리기능 외에도 가상 네트워크를 위한 물리자원 할당 등과 같은 보다 궁극적인 네트워크 가상화의 실현도 가능할 수 있을 것으로 기대된다.



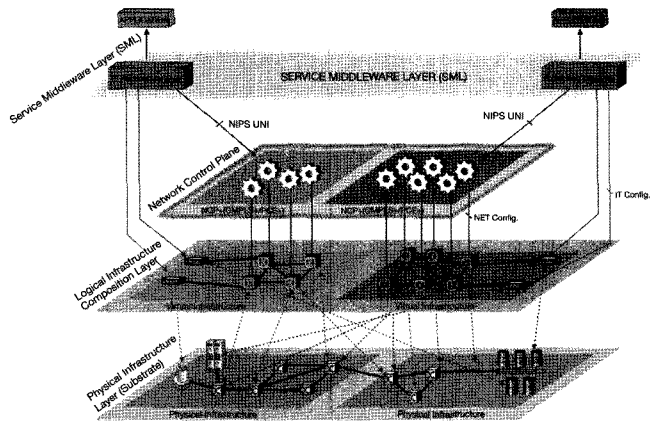
(그림 3) GENI Meso-scale 도입 및 통합[10]

2. 유럽의 서비스-네트워크 통합 접근방식

유럽 미래인터넷의 대부분의 프로젝트들은 네트워크 가상화를 미래 네트워크 구조의 핵심 기능으로 포함시켜 논의하고 있으며, 대표적으로 4WARD[12], Trilogy[13], GEYSERS (Generalized Architecture for Dynamic Infrastructure Services)[14]와 같은 유럽의 프로젝트들은 사용자 서비스와 네트워크의 통합을 지원하는 대표적인 솔루션으로 네트워크 가상화를 고려하고 있다.

유럽은 미국에 비해 상대적으로 서비스 및 응용에 대한 연구 비중이 높으며, 미국이 네트워크 가상화를 테스트베드 솔루션에 맞추어 연구를 진행하는데 비해, 유럽은 다양한 미래의 서비스들을 수용하고 지원하기 위한 궁극적인 미래의 네트워크 구조로 네트워크 가상화를 바라보고 있다.

(그림 4)는 올해부터 시작된 유럽 미래인터넷의 대표적인 프로젝트인 GEYSERS의 참조모델을 나타낸 것이다. GEYSERS는 목표는 앞서 설명한 GENI와 유사하나, 차이점은 실험이 아닌 실제 사용자의 서비스/응용의 요구사항을 반영하여 동적으로 가상 네트워크를 구성하고, 이를 위해 새로운 제어 프레임워크를 설계하지 않는 대신, GMPLS같은 NCP 프로토콜을 확장하여 광네트워크 경로 설정 외에 다양한 물리 네트워크 자원들도 제어할 수 있도록 하는 중이다. 이를 통해 실제 인프라 제공자와 가상 인프라 제공자를 분리하여 서비스에 따른 새로운 비즈니스 모델을 발굴할 수 있도록 한다.

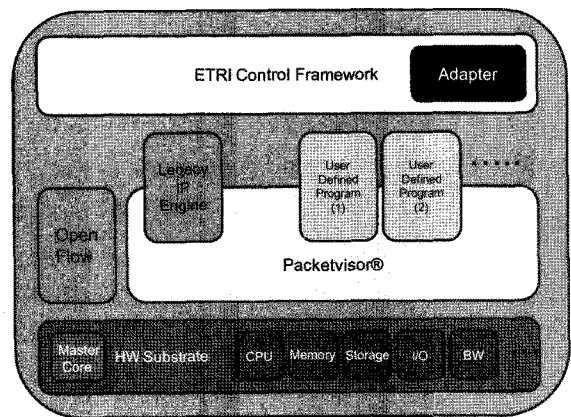


(그림 4) GEYSERS 참조 모델[14]

3. ETRI 가상화 지원 프로그래머블 플랫폼

ETRI는 2008년부터 네트워크 가상화에 대한 연구를 시작하여 2009년부터는 미국 GENI, 2010년에는 유럽의 미래인터넷 프로젝트등과 공동연구를 진행하고 있다. ETRI의 대표적인 네트워크 가상화 솔루션은 가상화 지원 프로그래머블 플랫폼이며, (그림 5)는 이에 대한 개념도를 나타낸 것이다.

현재 ETRI 가상화 플랫폼은 옥테온 네트워크 프로세서 (NP) 하드웨어를 기반으로 프로토타입핑 되어, OpenFlow를 지원하고 GENI 제어 프레임워크와 유사한 기능을 갖음으로서 기본적으로 미국 GENI 테스트베드와의 페더레이션을 가능하게 한다. 또한 하드웨어 기반의 가상화 솔루션인 Packetvisor라는 고유의 가상화 기술을 개발하여, 네트워크 프로세서와 같은 하드웨어 상에서 CPU, 메모리, I/O, 대역폭과 같은 플랫폼 상의 공유된 네트워크 자원 (슬리버) 등을 사용자가 정의한 프로그램상에서 공유하고 스케줄링 할 수 있도록 한다. ETRI 플랫폼은 특히 사용자에게 개방화된 인프라를 제공하기 위해 플랫폼내에 사용자 코드를 이식하기 위한 사용자 프로그래밍 API와 네트워크 프로세서 외에도 NetFPGA, 일반 PC, 무선 AP등의 하드웨어에도 적용 가능하도록 개방형 서브스트레이트 API를 제공한다. ETRI 연구과제의 가장 큰 특징은 GENI와 같은 미래인터넷을 위한 테스트베드 역할 뿐 아니라, 중장기적으로 미래인터넷을 위한 아키텍처 솔루션으로서 가상화 지원 프로그래머블 라우터 구조를 설계하고 가능성을 검증하는데 있다.



(그림 5) ETRI 플랫폼 개념도

IV. 기술적 과제 및 문제

본 장에서는 네트워크 가상화 기술을 실현하기 위한 기술적인 문제들에 대해 분석하고 이를 해결하기 위한 요구사항을 기술한다. 네트워크 가상화 기술의 상용화를 위해서는 다음과 같은 기술적인 과제들의 해결이 반드시 필요하다.

- **성능(Performance)** : 일반적으로 네트워크 가상화 기술의 구현을 위해서는 네트워크상의 노드에 가상화를 위한 계층이 (Virtualization Layer, Adaptation Layer 등) 필요하며, 이러한 가상화 계층에 의해 가상화된 네트워크 자원들은 가상화 되지 않은 동일 자원 대비 낮은 성능을 나타내게 된다. 따라서, 이러한 성능 저하를 어떻게 막을 수 있을것 인가가 중요한 기술적 이슈이다. 성능 저하를 감소시키기 위한 방법의 중 하나는 하드웨어 기반의 가상화 기법을 개발하는 것으로 ETRI 가상화 플랫폼, OpenFlow[11], SPP (Supercharged PlanetLab Platform Architecture)[15] 등이 네트워크 가상화 성능 연구에 해당된다고 볼 수 있다.
- **격리(Isolation)** : 여러 개의 가상 네트워크가 하나의 네트워크 자원 위에 공존하게 됨에 따라, 각 가상 네트워크 간의 독립성을 어떻게 유지시킬 것인가가 중요한 해결 과제이다. 각 가상 네트워크간의 격리는 보안 격리, 성능 격리, 각 가상 네트워크들의 운용 격리 등의 다양한 측면이 고려되어야 한다.
- **확장성(Scalability)** : 여러 개의 가상 네트워크가 동시에 공존하게 되므로 한 자원에서 얼마나 많은 수의 가상 네트워크를 지원할 수 있는냐는 상용화 관점에서는 무엇보다도 중요한 이슈이다. 또한, 이러한 가상 네트워크를 얼마나 연결하고 관리할 수 있는가도 해결되어야 할 문제이다.
- **유연성(Flexibility)** : 사용자의 요구사항에 기반하여 가상 네트워크가 생성된 이후, 변경된 사용자 요구사항에 따라 가상 네트워크의 기능 및 규모를 수정해야 할 필요가 있을 수 있다. 이러한 경우 가상 네트워크의 동작을 중지하지 않고 동적으로 가상 네트워크의 기능을 변경할 수 있어야 한다.
- **집합성(Aggregation)** : 네트워크 가상화 기술은 하나 이

상의 가상 자원들을 연합하여 새로운 기능을 갖는 가상 자원으로 제공할 수 있는 기능을 지원해야 한다. 따라서, 이러한 집합 기능을 어떻게 효과적으로 제공할 것인가도 중요한 해결과제 이다.

- **관리(Management)** : 각 가상 네트워크는 독립적으로 관리되어야 하며, 가상화 되지 않은 네트워크에서 지원되는 관리 기능들이 가상 네트워크 상에서도 동일하게 지원되어야 한다. 추가적으로 물리적인 자원 위에 생성된 가상 네트워크들을 통합해서 관리할 수 있는 기능들도 제공되어야 한다.

상기 서술한 기술적인 과제들을 해결하기 위해서는 네트워크 가상화 기술 개발 시 다음과 같은 요구사항을 반영시켜야 한다.

- 공유된 네트워크 인프라 상에서 복수개의 독립된 가상 네트워크의 공존 지원
- 여러 개의 자원을 하나의 가상 자원으로 구성하여 사용할 수 있는 집합기능 제공
- 서로 다른 가상 네트워크간의 상호 간섭을 배제할 수 있는 격리기능 제공
- 물리적인 자원을 추상화 하여 쉽게 사용할 수 있는 추상화 기능 제공 및 추상화된 자원을 사용하기 위한 표준화된 인터페이스 제공
- 여러 개의 가상 네트워크를 효율적으로 관리하기 위한 관리 시스템 및 관리 시스템에 대한 표준화된 인터페이스 제공
- 필요시 가상 네트워크 상의 논리적인 자원들에 새로운 기능을 추가할 수 있는 프로그래머빌리티 기능 제공
- 가상 네트워크의 자원들이 물리적인 하위 계층 또는 상위계층의 자원들을 직접 사용하기 위한 방법
- 각 가상네트워크의 자원 사용량, 운용 상황 등을 제어할 수 있는 규제 정책의 적용 방법
- 다양한 네트워크 서비스의 제공을 위해 각 가상 네트워크의 제어 및 운용을 사용자가 물리적인 네트워크 또는 다른 가상 네트워크와 독립적으로 변경할 수 있는 기능

결국 네트워크 가상화 기술을 단기적인 테스트베드 구축 수단으로 볼 것인가, 혹은 장기적인 네트워크 아키텍처 구조로 진화 가능할 것인가에 대한 문제는 앞서 설명한 기술

적인 과제들을 해결할 수 있느냐에 문제로 귀결된다. 특히 상용화를 위해서는 격리, 유연성, 집합성에 대한 요구사항을 일부 포기하더라도, 무엇보다도 성능, 확장성, 관리성에 대한 요구사항이 반드시 해결되어야 하며, 최근 유럽 및 ETRI 연구과제 등에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 노력을 기울이고 있어, 궁극적으로는 상용화를 위한 기본적인 이슈들은 조만간 해결될 수 있을 것으로 기대된다.

V. 국제/국내 표준화 동향

본 장에서는 IV장에서 논의한 기술적 이슈를 포함한 네트워크 가상화 기술과 관련된 국내의 표준화 동향에 대해서 살펴본다.

1. 국제 표준화 현황

네트워크 가상화 분야의 표준화가 가장 활발한 국제 표준화 기구는 ITU-T SG13을 들 수 있다. ITU-T SG13 표준화 그룹은 2009년부터 시작된 연구회기(2009~2012)의 주제를 "Future Network including mobile and NGN"으로 선정하고, 새로운 표준화 작업반으로 Q.21 (Future networks)을 선정하여 미래 네트워크 분야에 대한 표준화 작업을 진행 중에 있다. Q.21에서는 Y.FNvirt (네트워크 가상화 요구사항)에 대한 표준초안을 개발하는 것으로 결정하고 표준 초안 작업을 시작하였으나, 미래 네트워크 포커스 그룹 (FG-FN: Focus Group on Future Network)이 SG13 산하에 별도로 결성됨에 따라 Q.21 차원의 표준 초안 작업은 현재 임시 중단된 상태이며, FG-FN이 종료되는 올해 말 네트워크 가상화 표준초안을 포함한 모든 FG-FN의 작업 문서는 Q.21로 이관되면 이 초안을 기반으로 권고안 작업을 다시 진행하는 것으로 예정되어 있다. FG-FN에서는 현재 <표 1>과 같이 총 5개의 표준문서에 대하여 작업을 진행하고 있으며, 이 중 네트워크 가상화 관련 분야는 네트워크 가상화 프레임워크 문서가 해당된다[6].

인터넷의 표준을 다루는 IETF/IRTF에서는 미래인터넷 인프라 기술의 핵심인 가상 네트워크와 네트워크 가상화 기술에 대한 연구를 위해 새로운 연구그룹인 VNRG를 만들고 제

<표 1> FG-FN 표준 문서 현황 (2010년 6월 현재)

표준초안약어	표준초안명	공동에디터 및 소속
Vision (FNvision)	Future Network (FN): design goals and promising technologies	신명기/ETRI Daisuke Matsubara/ Hitachi
Terminology (FNterm)	Terminology in Future Networks	이재집/ETRI Takashi Egawa/NEC
Network virtualization (FNvirt)	Framework of Network Virtualization	정상진/ETRI Hideki Otsuki/NICT
Identification (FNidentification)	Identifiers and Identification processes in Future Networks	정희영/ETRI Takashi Egawa/NEC
Energy Saving (FNenergy)	Overview of Energy Saving of Networks	Toshihiko Kurita/ Fujitsu

77차 및 78차 IETF 회의를 통해 가상 네트워크의 개념 및 요구사항을 정의하기 위한 많은 논의를 진행하고 있다. VNRG에서는 현재 네트워크 가상화에 대한 문제정의 문서[8]가 개인 드래프트 상태이긴 하나 활발히 논의되고 있으며, 가상 네트워크에 대한 기본 정의와 요구사항이 결정되면 Experimental RFC 제정에 대한 작업이 곧 추진될 수 있을 것으로 기대된다. 미래 네트워크에 대한 활발한 표준화를 진행 중인 ISO/IEC JTC1내 SC6에서는 "Future Network: Problem Statement and Requirement"란 표준명으로 미래 네트워크 관련 설계 목표 및 요구사항을 정의하는 작업을 진행하고 있으며, 본 표준 내 네트워크 가상화 기술을 미래 네트워크 설계를 위한 중요한 기능 중 하나로 정의하고 이를 반영하여 표준을 개발 중에 있다[10].

2. 국내 표준화 현황

국내에서는 2009년 TTA 산하에 미래인터넷에 대한 국내 표준화 작업을 추진하기 위해 미래인터넷 프로젝트그룹 (PG220)이 신설되어 국내 표준화 작업이 시작되었다[17]. 2009년에는 1건의 고유 국문표준과 8건의 영문 단체표준을 개발하였다. 고유표준은 미래인터넷 관련한 용어를 정의하는 표준으로 미래인터넷, 미래네트워크, 네트워크가상화, 계층간 통신기법, 상황인지, 자율통신 등 기존 IT 용어와는 다른 개념의 기술들에 대해 정의하고 있다. 2010년에는 네

트위크 가상화 지원을 위한 소프트웨어 프로파일 표준 등 3건의 고유 국내표준과 10건의 영문 단체표준을 제안하여 개발할 예정이다. 이와 미래인터넷포럼 [18]에서는 산/학/연 관련 연구자들의 토론 활성화를 통한 미래인터넷 연구 방향 설정 및 선도적인 미래인터넷 기술 개발하고 국제 미래인터넷 표준 활동 참여 및 기술교류를 통한 원천 기술 확보에 기여하기 위해 2010년 미래인터넷표준포럼을 결성하고 미래인터넷 분야의 표준화를 시작하였고, 네트워크 가상화 기술은 ID/네이밍 이슈와 함께 가장 관심있게 연구되고 있는 분야 중 하나이다.

VI. 결 론

본 고에서의 네트워크 가상화에 대한 정의 및 필요성과 접근방식에 따른 국내외 연구 프로젝트들을 살펴보고, 특히 기술적인 이슈들을 분석함으로써, 네트워크 가상화 기술이 단순 테스트베드 환경구축을 위한 단기술루션인지, 궁극적인 미래인터넷 구조로 살아남을지에 대한 의견을 제시하였다. IV장에서 제안한 여러 기술적 과제 중 특히 성능, 확장성, 관리성에 대한 요구사항의 실현은 네트워크 가상화 기술이 궁극적인 네트워크 아키텍처로 자리잡을 수 있을 것인가에 대한 네트워크 장비 업체에서의 주된 판단 근거가 될 것으로 보여, 이와 관련한 연구가 앞으로 네트워크 가상화 분야의 주된 연구 테마가 될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 신명기, "미래인터넷 기술 및 표준화 동향," 전자통신 동향분석 제22권 제6호, 2007.
- [2] A. Feldmann, "Internet Clean-Slate Design : What and Why ?," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 37, No. 3., pp 59-64, 2007.
- [3] 김대영, 문수복, 박성용, 변성혁, 이순석, 신명기, 정일영, "네트워크가상화에 대한 고찰," 정보과학회 제26권 제10호, 2008.
- [4] Jennifer Rexford, Network virtualization, <http://www.cs.princeton.edu/~jrex/virtual.html>.
- [5] ITU-T FG-FN (Focus Group on Future Networks), <http://www.itu.int/ITU-T/focusgroups/fn/index.html>.
- [6] Sangjin Jeong et al., "Framework of network virtualization," ITU-T FG-FN Deliverable (Work-in-progress), 2010.
- [7] IRTF VNRG (Virtual Network Research Group), <http://trac.tools.ietf.org/group/irtf/trac/wiki/vnrg>.
- [8] Sangjin Jeong et al, "Network Virtualization Problem Statement," draft-shin-meta-virtualization-01.txt (Work-in-progress), 2010.
- [9] N.M. Mosharaf Kabir Chowdhury and Raouf Boutaba, University of Waterloo, "Network Virtualization: State of the Art and Research Challenges," IEEE Communications Mag., vol. 47, no. 7, 2009.
- [10] GENI (Global Environment for Network Innovations), <http://www.geni.net>.
- [11] OpenFlow, <http://www.openflowswitch.org/>.
- [12] 4WARD, <http://www.4ward-project.eu/>.
- [13] Trilogy, <http://www.trilogy-project.org/>.
- [14] GEYSERS (Generalized Architecture for Dynamic Infrastructure Services), <http://www.geysers.eu>.
- [15] SPP, <http://wiki.arl.wustl.edu/>.
- [16] Myung-Ki Shin, Jesus Alcober, "ISO/IEC JTC1 SC6 TR 29181 Future Network: Problem Statement and Requirement," (Work-in-Progress), 2010.
- [17] TTA, <http://www.tta.or.kr>.
- [18] 미래인터넷포럼, <http://www.fif.kr/>.

약 력



신 명 기

1992년 홍익대학교 이학사
 1994년 홍익대학교 이학석사
 2003년 충남대학교 공학박사
 2004년 - 2006년 미국 NIST (National Institute of Standards and Technology) 초빙연구원
 1994년 - 현재 한국전자통신연구원 표준연구센터 책임연구원
 2008년 - 현재 한국기술연합대학원대학교(UST) 겸임교수
 관심분야: 미래인터넷, 네트워크가상화, IPv6, 이동성기술



정 상 진

1999년 KAIST 학사
 2001년 KAIST 석사
 2010년 KAIST 박사수료
 2003년 - 현재 한국전자통신연구원 표준연구센터 선임연구원
 관심분야: 미래인터넷, 네트워크가상화, IP 이동성 기술, Testbed Federation 및 Adaptation 기술



김 형 준

1986년 광운대학교 공학사
 1988년 광운대학교 공학석사
 2007년 충남대학교 공학박사
 2007년 - 2008년 미국 버지니아주립대학교(University of Virginia) 초빙연구원
 1989년 - 현재 한국전자통신연구원 표준연구센터 팀장/책임연구원
 2008년 - 현재 한국기술연합대학원대학교(UST) 겸임교수
 관심분야: 미래인터넷, IPv6, RFID/USN 네트워킹

