

미래인터넷을 위한 네트워크 가상화 기술

KT 미래기술연구소 | 권순종*

1. 서론

현 인터넷은 1969년 미 국방성 주도의 ARPANet이라는 시험 네트워크로 출발하여, 학술 연구망으로 발전 및 1990년대 중반 상용화를 통해 가파른 성장과 성장세를 유지하여 오고 있다. 인터넷은 현재 정보통신뿐만 아니라, 전자정부, 교통, 금융, 교육, 의료, 환경, 각종 서비스 산업 등 사회 전 분야 활동의 기반으로 발전하고 있다. 그러나 현 인터넷의 갑작스런 성장과 상용화에 따라, 다음과 같은 문제점이 드러나고 있다:

- QoS, 보안 및 주소 자원 제공의 한계
- 다양한 응용 서비스 특성을 만족하는 네트워크 다양성 제공의 한계
- 공생관계 제공의 한계
- 가용성 및 관리성의 한계

현 인터넷을 통해 고품질의 실시간 멀티미디어 서비스를 포함한 새로운 혁신적 응용의 제공이 어려울 뿐만 아니라, 인터넷의 보안 취약에 따른 개인정보 및 국가기밀 유출의 문제가 존재한다. 그리고 각종센서, 휴대단말의 증가, 모든 사물의 네트워킹화 추세로 인해 현 인터넷의 주소체계는 수년 이내에 고갈될 수 있다. 응용 서비스 측면에서 볼 때, 다양한 서비스 요구사항을 기존의 정적인 네트워크 개념으로는 만족시키기 가 거의 불가능하며, 응용 서비스별 특성/요구에 맞게 네트워크를 제어할 수 없고, end-to-end 개념에 의해 네트워크에 새로운 기능/서비스를 추가하는 것은 매우 어렵다[1]. 또한, 현 인터넷 환경은 통신사업자, 응용제공자, 이용자, 관련 산업이 공생하는 생태계(ecosystem)를 제공하지 못하고 있다. 그 외에도 낮은 가용성 및 관리성의 부족으로 사회활동의 전반을 뒷받침하는 기반으로서의 네트워크 역할을 제대로 수행하기에는 한계를 지니고 있다.

현 인터넷의 한계를 극복하고, 미래사회의 기반으로서의 역할을 할 수 있는 네트워크인 미래네트워크

(또는 미래인터넷)에 대한 연구가 최근에 활발히 진행되고 있다[2-5]. 미래인터넷에서는 현 인터넷의 단대단 철학을 포함한 다양한 요구사항의 수용을 위한 새로운 네트워크 형태가 필요하다. 미래의 네트워크 모습에 대해 생각해 볼 때, 어떤 새로운 네트워크 아키텍처로 수렴해 갈 가능성과 함께, 다른 한편으로는 여러 아키텍처를 수용할 수 있는 가상화 기반의 네트워크로 될 가능성을 생각할 수 있다.

가상화는 응용 프로그램 또는 사용자에게 자원의 물리적 특성을 보이지 않게 하고 논리적 자원만 보이게 하는 기술로 정의할 수 있다. 가상화는 오래전에 생긴 개념으로서, 컴퓨팅에서는 서버 클러스터링과 파티셔닝, 가상머신, 그리드 컴퓨팅, 클러스터 컴퓨팅 등으로 진행되고 있으며, 전송경로 네트워크에서는 VLL, VPN, VLAN 등이 있다. 뿐만 아니라, 스토리지 및 애플리케이션 분야에서도 가상화 기술이 발전해 오고 있다.

미래인터넷을 위한 다양한 네트워크 아키텍처들을 연구자들이 연구하고, 이를 검증하기 위해서는 실험 인프라가 필요하다. 네트워크 가상화는 미래인터넷 실험 인프라를 구현하기 위한 핵심 기술중의 하나이다. 네트워크 가상화 기술은 그림 1에서와 같이 애플리케이션과 네트워크 사이에 가상화 계층을 도입하여 애플리케이션과 네트워크내 특정 자원간 밀접한 관계를 끊음으로써 ICT(Information and Communications Technology) 인프라를 단순화 해주는 기술이다. 전송경로뿐만 아니라, 컴퓨팅 자원, 라우터 등의 네트워크 노드를 포함한 네트워크내 모든 자원의 가상화를 통하여 하나의 네트워크 인프라상에서 다양한 요구사항을 갖는 응용별 네트워크들이 공존할 수 있다. 다시 말해, 가상화는 물리적으로 서로 다른 하드웨어들을 하나의 공통된 형태의 가상 장치들로 만들거나 하나의 물리적 하드웨어 상에 여러 개의 가상장치들을 생성할 수 있다. 따라서, 가상화에 기초하여 하나의 물리적인 네트워크상에 다수개의 가상의 독립된 네트워크가 공존함으로써, 복수개의 네트워크 아키텍처와 서비스가

* 정회원

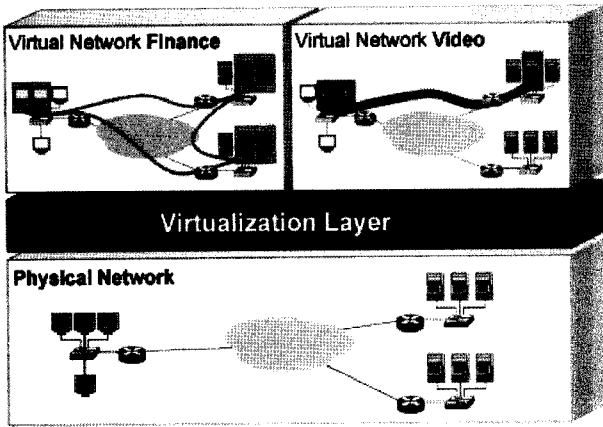


그림 1 네트워크 가상화

하나의 인프라상에서 동시에 동작할 수 있다.

사용자의 입장에서 보면 가상화를 통해 공유자원을 사용자간 서로 영향을 받지 않고 사용할 수 있으며, 인프라의 복잡도를 단순화하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 특히 연구자의 입장에서는 여러 가상의 네트워크가 하나의 네트워크 인프라상에 공존할 수 있으므로, 다양한 네트워크 아키텍처에 대한 연구를 할 수 있다. 또한 네트워크 사업자 입장에서는 고객이 요구하는 서비스를 신속히 구축할 수 있으며, 네트워크의 사용효율을 높일 수 있고, 네트워크의 구축 및 관리의 자동화를 향상시킬 수 있으며, 유연성 증가로 구축 및 운영비를 절감할 수 있다.

네트워크 가상화는 다양한 네트워크 아키텍처 연구를 시험할 수 있는 테스트베드 구축시 필요한 주요 기술이다. 현재 네트워크 테스트베드로 PlanetLab, OneLab, Emulab 등이 있으며, 향후에는 GENI 등이 출현할 것이다. 미래인터넷 아키텍처 연구의 검증을 위한 테스트베드 구현 수단으로 출발한 네트워크 가상화 기술이 향후에는 범용의 새로운 네트워크 구조로 발전할 가능성이 있다. 본 고에서는 이러한 네트워크 가상화 관련 연구 동향과 함께 가상 네트워크의 생성 및 제거를 위하여 필수적인 네트워크 자원 관리 연구 동향을 소개하고자 한다.

2. 네트워크 가상화 연구 동향

2.1 CABO

현재의 ISP(Internet Service Provider)는 네트워크 인프라를 관리하는 역할과 함께 end-user에게 서비스를 제공하는 역할을 동시에 수행하고 있는데, ISP가 두 역할의 동시 수행으로 새로운 프로토콜 및 아키텍처의 구축을 방해한다고 보고, 미래인터넷은 두 가지 분리된 엔티티 즉, 물리적 인프라를 관리하는 사업자인 인프라 제공자와 네트워크 프로토콜을 구축하고 단대단

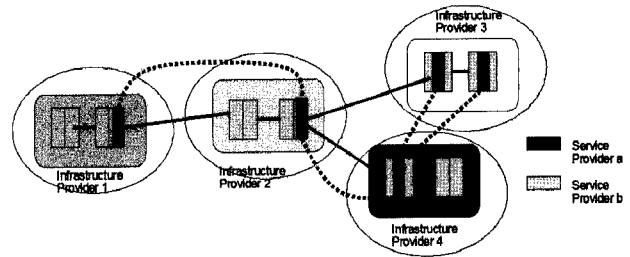


그림 2 CABO 구조

서비스를 제공하는 사업자인 서비스 제공자를 지원하여야 한다고 CABO(Concurrent Architectures are Better than One)에서는 제안하고 있다[6]. 서비스 제공자는 다수의 인프라 제공자로부터 슬라이스(slice) 또는 가상 네트워크 구성에 필요한 물리적 자원을 빌려서 가상의 네트워크를 구성하고, 서비스를 제공하는 사업자이다. 즉, 서비스 제공자는 단지 기본적인 인터넷 액세스 서비스뿐만 아니라, 다양한 단대단 서비스 및 새로운 네트워크 아키텍처를 제공한다. 이렇게 인프라 제공자와 서비스 제공자의 분리를 고려하게 된 이유는 한 개의 인프라 제공자가 고객이 요구하는 모든 단대단 경로에 대한 제어권을 가지기 어렵기 때문이다. 물론 인프라 제공자가 서비스제공자의 역할을 할 수도 있다.

서비스 제공자는 인프라 제공자의 라우터와 링크 자원에 액세스를 위하여 다수의 인프라제공자와 협약을 체결한다. CABO에서는 물리적 자원을 여러 서비스 제공자가 공유하여 사용하기 위하여 하나의 물리적 노드 또는 링크를 다수의 가상 노드 또는 가상 링크로 분할한다. 그림 2와 같이 서비스 제공자는 여러 인프라 제공자로부터의 가상 노드와 가상 링크들을 이용하여 가상 네트워크를 구성할 수 있다. 이를 위해 CABO는 다음을 지원하여야 한다:

- 1) 물리적 인프라상에 다수의 가상 네트워크의 동시 지원
- 2) 서비스 제공자의 요청에 따라 가상 네트워크 생성
- 3) 인프라 제공자의 자원 발견 및 관리

다수의 가상 네트워크가 하나의 물리적 인프라를 공유하기 위해서는 이들 가상네트워크들간에는 상호 간섭이 없어야 한다. 하나의 물리적 인프라를 다수의 가상네트워크가 공유하기 위해서는 네트워크내의 구성 요소인 노드 및 링크를 가상화하여야 한다.

서비스 제공자는 가상 네트워크 구성을 위한 컴포넌트를 인프라 제공자에게 요청할 수 있어야 하며, 인프라제공자는 서비스 제공자의 요청을 처리할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 서비스 제공자가 가상네트워크 구성을 위한 요구사항을 규정할 수 있는 인터페이

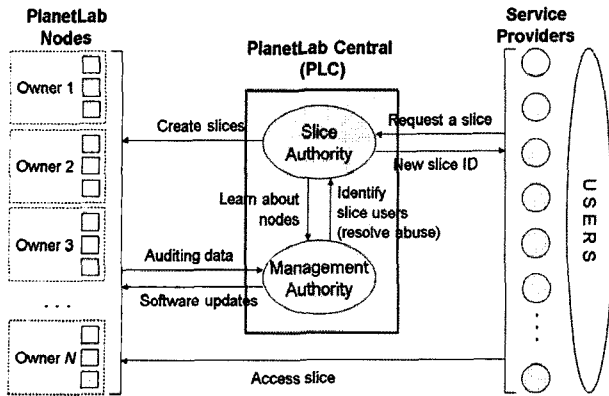


그림 3 PlanetLab 동작원리

스, 이러한 요청을 보낼 수 있는 시그널링 경로, 인프라 제공자의 자원 사용현황 관리 및 수락제어, 그리고, 서비스제공자의 요청을 만족하면서 물리적 자원의 효율적 사용을 위한 알고리즘이 필요하다.

2.2 PlanetLab

PlanetLab은 현재의 인터넷 상에서 새로운 네트워크 서비스의 개발을 지원하는 글로벌 연구망으로서, 네트워크 3계층 이상에서의 새로운 프로토콜과 응용을 실험하는 데 사용되고 있다. 프린스턴 대학이 운영하는 PlanetLab은 현재 전세계 460여개 기관이 참여하고 있으며, 900개 이상의 노드로 구성되어 있다. PlanetLab에서는 가상화된 컴퓨팅 자원의 집합인 슬라이스 단위로 연구자에게 할당하는 데, 지금까지 650여 프로젝트가 PlanetLab상에서 연구되었거나 진행되고 있다.

그림 3은 PlanetLab 동작 흐름을 보여주고 있다. PLC(PlanetLab Central)은 PlanetLab 사용자와 PlanetLab 노드간 중개자 역할을 수행하는 데, 노드 소유자를 대신하여 노드를 관리하며, 사용자를 대신하여 슬라이스를 생성한다[7].

최근에는 유럽, 일본, 중국에서 슬라이스 기반의 연구망인 PlanetLab을 독자적으로 구축하여 운용하고 있으며[8,9], 한국에서도 독자적으로 구축하려는 활동이 일어나고 있다. 이러한 슬라이스 기반의 연구망들은 연합(federation)을 통해 네트워크 커버리지의 확대 및 개별망별로 네트워크 노드의 분산 관리를 실현할 수 있는 데, 현재 PlanetLab에서는 EU의 OneLab 프로젝트와 연합 시험(Federation trial)을 진행중에 있다.

2.3 GENI

GENI는 연구자들이 미래인터넷을 위한 새로운 네트워크 아키텍처, 서비스, 응용을 실제 상황에서 대규모로 실험할 수 있는 선도시험인프라이다[2]. GENI에서는 자원 가상화 기반의 네트워크 구조를 통해 복수

개의 미래인터넷 실험이 동시 수행될 수 있도록 한다. GENI는 기존의 계층 3 이상에서의 네트워크 연구를 지원하는 PlanetLab의 개념을 확장하여 물리계층까지 가상화 개념을 적용하고 있다. GENI 설계의 주요 개념으로는 하나의 인프라상에서 다수의 아키텍처를 지원할 수 있는 네트워크 가상화, 용이한 프로그래밍(Programmability), 연합(Federation) 등이다. '용이한 프로그래밍'은 제3자의 코드가 라우터상에서 실행될 수 있으며, 이를 통해 네트워크 계층 또는 상위계층 기능 변화를 네트워크가 지원할 수 있게 된다. 이를 통해 네트워크 노드상에 여러 기능이 공존할 수 있게 되는데, 통신 사업자의 입장에서 이 개념은 통신장비제조사에 대한 의존성을 낮출 수 있고, 차별화 및 맞춤화가 가능하다는 장점이 있다.

GENI 아키텍처는 세 레벨로 나눌 수 있는데, 상위에는 GENI 설비를 액세스할 수 있는 GENI 사용자 서비스, 하위레벨에는 라우터, 링크, 프로세서 등 물리적 장비의 집합인 물리기판(physical substrate), 그리고, 중간 레벨에는 GMC(GENI Management Core)가 존재하는 데, GMC는 추상화, 인터페이스, 이름 공간, 코어 서비스 등 GENI 아키텍처 구성에 필요한 프레임워크를 정의하고 있다. GMC에서 정의하고 있는 추상화는 컴포넌트, 슬라이스, 애그리게이트이다[10].

1) 컴포넌트

GENI의 기본 구성요소로 컴포넌트를 정의하고 있다. 예를 들어, 프로그래밍이 가능한 에지노드, 코어노드, 액세스 포인트 등이 컴포넌트에 해당된다. 컴포넌트는 물리적 자원(예를 들어, CPU, 메모리, 디스크, 링크 대역폭)과 논리적 자원(예를 들어, 파일 디스크립터, 포트 넘버)을 포함한 자원들의 모음으로 구성된다. 각 컴포넌트는 컴포넌트 매니저(CM)를 통해 제어된다. 이 CM은 컴포넌트상의 가상화된 자원인 슬라이버(slicer)를 생성/제어할 수 있는 인터페이스와 함께 CPU, 메모리 점유율과 같은 컴포넌트 상태 정보를 보고하기 위한 자원 모니터링(또는 센싱) 인터페이스를 제공한다. 그림 4는 GENI 컴포넌트의 일반적인

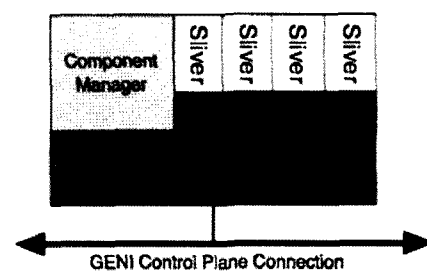


그림 4 GENI 컴포넌트의 일반적 구성요소

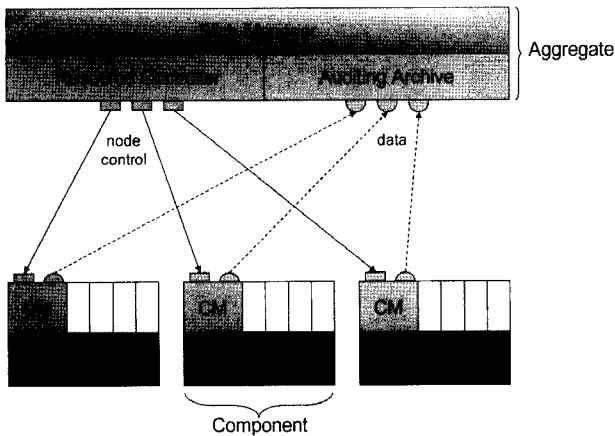


그림 5 애그리게이트와 컴포넌트

구성요소를 보여준다. 슬라이버는 컴포넌트를 구성하는 자원들의 일부분으로 구성된 부분 집합으로서, 가상 서버, 가상 라우터, 가상 스위치, 가상 AP(Access Point) 등이 슬라이버에 해당한다.

2) 슬라이스

사용자가 GENI 상에서 실험을 하기 위해 필요한/부여받은 자원들, 즉 슬라이버들의 모음을 슬라이스라고 한다. 사용자는 슬라이스상에서 실험을 수행한다.

3) 애그리게이트

애그리게이트(aggregate)란 GENI에서 서로 연관된 컴포넌트들을 모아 놓은 하나의 집합을 나타내는 GENI 객체이다. 애그리게이트는 컴포넌트들의 집합을 관리하고 자원할당을 코디네이션한다(그림 5).

3. 네트워크 자원 관리 연구동향

3.1 UCLP

UCLP(User Controlled LightPath)는 사용자에게 전송 자원을 파장별로 직접 설정할 수 있는 능력을 제공하는 서비스 지향의 네트워크 가상화 프레임워크이다[11]. UCLP는 하위 네트워크의 복잡성을 알 필요가 없으면서 네트워크가 제공하는 기능을 이용할 수 있다. 광경로의 동적 생성은 웹 서비스 기반의 SoA(Service Oriented Architecture)에 기초하여 구현되었는데, 추상화된 물리적 자원을 웹 서비스 형태로 공개하고, 사용자 및 애플리케이션은 이 웹 서비스를 사용하여, 네트워크 관련 세부 지식이 없이도 자신의 전용 네트워크를 만들 수 있다. 모든 네트워크 엘리먼트, 장치 및 링크를 웹 서비스로 표현하고, 또한 웹 서비스 워크플로우를 사용하여 사용자가 이러한 다양한 웹 서비스를 조합하여 자신의 전용 네트워크를 만들 수 있다. 그림 6은 UCLP 아키텍처를 개략적으로 보여주고 있다.

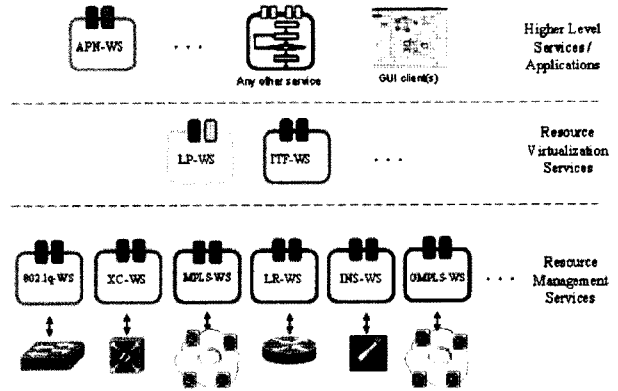


그림 6 UCLP Service Oriented Architecture

이 그림에서 자원관리 서비스(Resource Management Service)는 물리적인 장비상에 있는 자원의 관리 및 제어를 담당하는 NE(network element) 웹 서비스이다. 예를 들어, 크로스커넥트 웹 서비스(XC-WS)는 크로스 커넥션을 수행하는 장치를 제어한다. GMPLS 웹 서비스(GMPLS-WS)는 GMPLS 네트워크의 관리 및 제어를 담당한다. MPLS 웹 서비스(MPLS-WS)는 MPLS 네트워크를 제어하며, 802.1q 웹 서비스(802.1q-WS)는 VLAN 관련 장비를 관리한다.

자원 가상화 서비스(Resource Virtualization Service)는 가상화 계층을 제공하는 것으로, 물리적 장치에 사용된 기술을 추상화하지만, 이러한 장치가 제공하는 기능(feature)은 빠짐없이 사용자 또는 애플리케이션에 제공된다. 광 경로 웹 서비스(LP-WS)는 물리적인 링크를 표현한 것이며, 인터페이스 웹 서비스(ITF-WS)는 물리적 종단점(physical endpoint)를 표현한 것이다.

상위 계층의 애플리케이션은 추상화 인터페이스를 제공하는 자원가상화 서비스를 이용함으로써, 응용서비스 구성에 필요한 네트워크자원까지도 서비스로 이용할 수 있게 되어 새로운 응용을 쉽게 만들 수 있다.

3.2 DRAC

DRAC는 Dynamic Resource Allocation Controller의 약자로서, 응용이 네트워크 자원을 제어할 수 있는 미들웨어이다[12]. DRAC의 배경으로, 특정한 태스크에 대하여, 단대단 연결의 프로비저닝을 전송매체와 무관하게, 그리고 회선 교환 또는 패킷 교환에 관계없이 자동화하는 것이다. 사람이 직접 구성에 관여하여 연결을 설정하는 것은 시간이 많이 소요되어 느리며 오류를 발생시킬 가능성이 있어서, 응용이 필요한 연결을 응용이 직접 설정할 수 있게 하자는 것이다. 즉, DRAC는 광경로 설정 자동화를 위한 컨트롤러이다(그림 7).

DRAC의 기본구조는 그림 8과 같다. DRAC 인터페이스는 DRAC UNI, DRAC 프로비저닝 클라이언트, DRAC

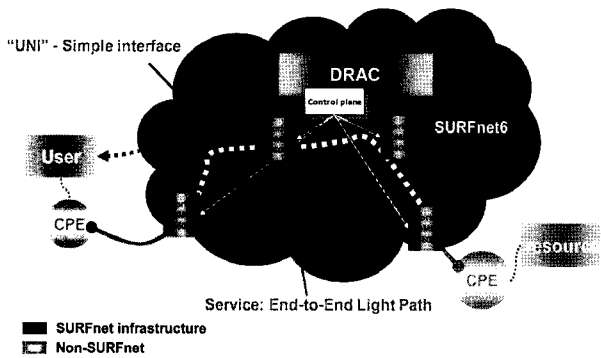
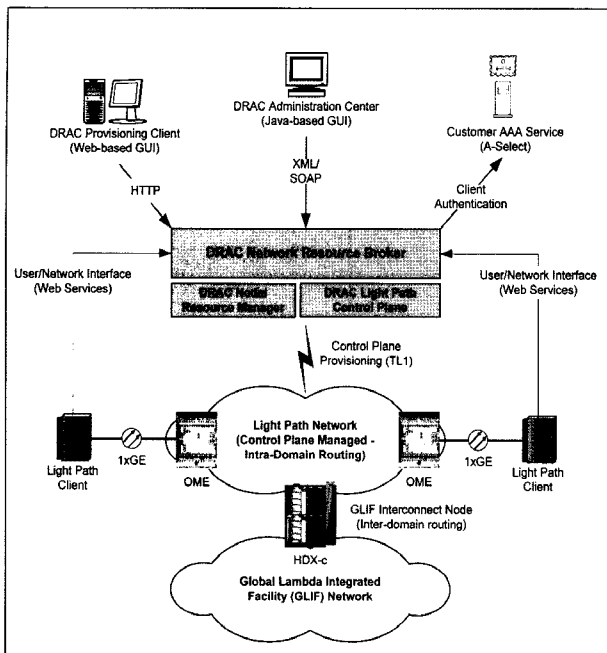


그림 7 DRAC를 사용한 광경로 설정의 자동화



DRAC Reference Architecture

그림 8 DRAC 참조 구조

관리 센터(administration center), 그리고 AAA가 있다. DRAC를 구성하는 컴포넌트로는 ‘DRAC 네트워크 자원 브로커’, 네트워크 엘리먼트의 추상화 및 중재 서비스를 제공하는 ‘DRAC 노드 자원 관리자’, 네트워크내 자원의 동적 관리를 담당하는 ‘DRAC 광 경로 제어 평면’이 있다.

DRAC를 통해 응용은 하부의 네트워크 자원을 표준화된 그리고 확장성 있는 API를 통해 제어할 수 있다. DRAC는 연구교육망, 그리드 컴퓨팅, 데이터 센터에서 시험적으로 사용되었다.

4. 결론

네트워크 가상화를 통해 여러 가상 네트워크가 하나의 공유 인프라상에 공존할 수 있다. 현재 네트워크 가상화는 GENI와 같은 미래인터넷 테스트베드 설계시 핵심 기술중의 하나이다. 가상화된 네트워크상에서 다양한 미래네트워크 아키텍처를 실험적으로 검증

할 수 있다. 이를 통해 미래인터넷의 모습에 대해 어떤 새로운 네트워크 아키텍처로 수렴해 갈 수 있다. 다른 한편으로는 미래 인터넷은 여러 아키텍처를 지원하는 가상화 기반의 네트워크로 될 가능성을 생각할 수 있다. 과거 연구망이었던 ARPANet이 발전을 거듭하여 상용 인터넷으로 발전하였듯이, GENI와 같은 미래인터넷의 연구망 형태가 궁극적으로 미래네트워크 아키텍처가 될 가능성도 배제할 수 없다. 네트워크 가상화가 궁극적인 미래 네트워크 구조로 될 것인가는 현 시점에서는 논란의 여지는 있다.

네트워크 가상화를 위하여 개별 물리적 자원의 가상화를 위한 기술에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 한편, 가상 네트워크의 생성 및 제어를 위해서는 네트워크내 모든 장비를 관리 및 제어할 수 있어야 하며, 네트워크내의 모든 자원에 대한 관리, 사용제어 및 자원 서비스 제공을 위한 프레임워크에 대한 연구가 구체화될 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 이영희, “개방형 서비스를 위한 Active Networking 기술,” HSN 2005, 2005. 1.
- [2] GENI(Global Environment for Network Innovations), <http://www.geni.net/>
- [3] FIRE(Future Internet Research and Experimentation), http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/home_en.html
- [4] AKARI Architecture Design Project for New Generation Network, <http://akari-project.nict.go.jp/eng/index2.htm>
- [5] FIF(Future Internet Forum), <http://www.fif.kr>
- [6] N. Feamster, L. Gao, J. Rexford, “How to lease the Internet in your spare time,” Technical Report, Georgia Institute of Technology, 2006.
- [7] Larry Peterson, Steve Muir, Timothy Roscoe, Aaron Klingaman, “PlanetLab Architecture: An Overview,” May 5, 2006.
- [8] OneLab project, <http://www.onelab.eu/>
- [9] PlanetLab Japan Consortium, <http://www.planet-lab-japan.org/>
- [10] Larry Peterson, John Wroclawski, “Overview of the GENI architecture,” GDD-06-11, January 5, 2007.
- [11] Carol Meertens and Tijmen van den Brink, “User Controlled LightPath,” <http://staff.science.uva.nl/~delaat/sne-2006-2007/p09/report.pdf>
- [12] Doug McGregor, “Project DRAC : Creating an application-aware network,” Nortel Technical Journal, Issue 1, pp. 23-26, February 2005.



권순종

1988 영남대학교 전자공학과 학사

1990 한국과학기술원 전기및전자공학 석사

2002 한국과학기술원 전기및전자공학 박사

1991 ~ 현재 KT 수석연구원

관심분야: 미래인터넷 구조 및 자원가상화기술

E-mail : sjkwon@kt.com
