

# FENIUS를 사용한 국제 연동 연구 및 시연

정희원 석우진\*, 문정훈\*, 공정욱\*, 임헌국\*, 준회원 한장수\*, 정희원 차영욱\*

## International Interworking Research and Demonstration using FENIUS

Woojin Seok\*, Jeonghoon Moon\*, Jongwook Kong\*, Hyunkook Lim\* *Regular Members*,  
Jangsu Han\* *Associate Member*, Youngwook Cha\* *Regular Member*

### 요약

본 논문은 국가 연구망에서의 네트워킹 자원 할당 시스템들의 국제 연동이 어떻게 이루어지는지, 또한 이에 대한 국제 연동 시연을 보여준다. 각 나라에서의 연구망들은 광통신을 기반으로 하는 10기가급의 네트워크로 구성되어 있으며, 이의 자원 할당 시스템을 각자 구축하고 있다. 국제적으로, 이러한 광기반의 네트워킹 자원 할당 시스템 간의 연동에 대한 표준연구가 추진되어 왔으며, 이에 대한 구현 물로 FENIUS가 개발되었다. 한국, 미국, 일본, 유럽 간의 FENIUS 연동을 위한 어댑터 시스템이 개발되어 연동이 가능하게 되었다. 이에 대한 시스템 구성과 연동 시연에 대해서 소개하고자 한다.

**Key Words** : 광경로, DynamicKL, FENIUS, GLIF

### ABSTRACT

In this paper, we show the research works of the international interworking between networking resource managers over national research networks, and also show the demonstrations about them. Each national research network of each country consists of 10 Giga network facilities which are based on optical technologies, and also has each own networking resource manager. Internationally, most of countries have worked on the standard for interworking over the national research networks, and finally developed FENIUS as the results. Korea, U.S.A., Japan, and Europe can interwork with each other after developing their own adapting system for FENIUS. We provide the system architecture and the demonstration.

### I. 서론

FENIUS는 각 나라의 네트워크 자원 할당 시스템을 국제적으로 연동하기 위해서 고안된 단일화된 사용자 지원 국제표준이자 시스템이다<sup>1)</sup>. FENIUS를 사용하여 사용자들은 한국의 연구망(KREONET)과 일본의 연구망(JGN)의 네트워크 자원을 할당 받을 수 있다. 그래서 한국의 한 사이트와 일본의 한 사이트 사이에 타 트래픽의 간섭 없이 고품질의 네트워킹 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

본 논문에서는 각 나라의 연구망에 대한 네트워크 자원할당 시스템을 살펴보고, 각 나라의 네트워크 자원할당 시스템간의 연동을 위한 FENIUS의 기술 표준안과 그 표준안을 구현한 시연에 대해서 살펴보고자 한다.

### II. 네트워크 자원할당 시스템들

각 국가에는 국가별로 연구망에서 네트워크 자원을 할당하는 시스템들이 개발되어 사용되고 있다. 이들은

\* 한국과학기술정보연구원, 슈퍼컴퓨팅본부, 연구망개발팀 (wjseok@kisti.re.kr)

논문번호 : 2010-02-081, 접수일자 : 2010년 2월 19일, 최종논문접수일자 : 2010년 7월 20일

각 나라의 연구망의 특색에 맞게 고안되어 스스로의 정책에 의해 운용되고 있다.

2.1 G-lambda

G-lambda 프로젝트는 JGN 테스트 베드를 기반으로 2004년에 시작된 일본의 그리드 프로젝트이다<sup>[2]</sup>. 이 프로젝트의 목표는 그리드 자원 관리자와 네트워크 자원 관리자 사이의 표준 웹 서비스 인터페이스인 GNS-WSI(Grid Network Service-Web Services Interface)를 정의하는 것이다. G-lambda에는 컴퓨팅 자원을 관리하는 CRM(Computing Resource Managers)과 네트워크 자원을 관리하는 NRM(Network Resource Manager)이 있으며, GRS(Grid Resource Scheduler)는 이들 매니저와 인터페이스를 통하여 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원의 예약 및 정보 관리를 수행한다<sup>[3]</sup>. 그림 1은 G-lambda의 구조를 나타낸다.

네트워크 자원을 관리하는 NRM 시스템은 GRS와 인터페이스인 GNS-WSI 관련 서비스를 제공하기 위한 웹 서비스 모듈, 네트워크 자원의 스케줄링과

상화를 담당하는 중재 모듈 그리고 네트워크의 제어와 모니터링을 수행하는 네트워크 제어 모듈로 구성된다. 웹 서비스 모듈은 WSDL(Web Service Description Language)에 정의된 오퍼레이션을 GRS와 NRM 사이에 주고받으며, 중재 모듈에서는 랍다 LSP(Label Switched Path)를 사용하는 정책 기반 가상 토폴로지를 생성하여 네트워크 자원을 스케줄링 한다. 네트워크 제어 모듈에서는 GMPLS(Generalized MultiProtocol Label Switch) 기반 네트워크 제어 인터페이스를 통해 종단간 경로들을 설정하고 모니터링을 한다.

GRS와 NRM 사이의 GNS-WSI 인터페이스는 현재 버전 3까지 나온 상태이다. 버전 1에서는 기존 웹 서비스를 사용하여 GNS-WSI가 설계되었으며, 버전 2부터는 WSRF(Web Service Resource Framework)<sup>[4]</sup> 규격에 따른 웹 서비스 형태로 설계 되었다. 버전 1<sup>[5]</sup>에서는 네트워크 자원의 모니터링 및 정보 서비스, 자원 예약과 전송 서비스 그리고 예약의 변경 서비스를 제공한다.

버전 2<sup>[6]</sup>에서는 일반 웹 서비스가 아닌 OASIS에서

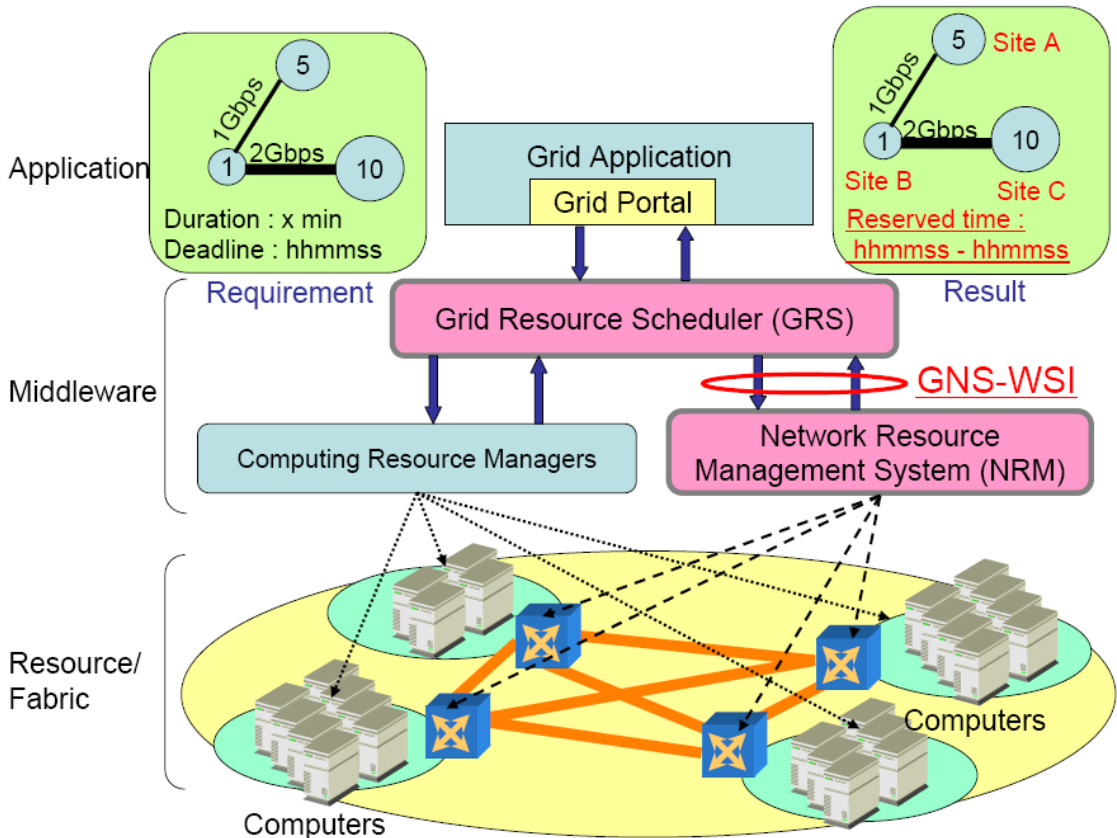


그림 1. G-lambda Architecture

표준화한 그리드 웹 서비스 규격인 WSRF를 기반으로 GNS-WSI가 정의되었다. NRM에서는 globus alliance<sup>[7]</sup>에서 WSRF를 구현한 GT4(Globus Toolkit) 미들웨어를 사용한다.

버전 3<sup>[8]</sup>에서는 버전 2와 동일한 WSRF 규격을 적용하며, 제공하는 서비스도 동일하다. 단, 각 서비스에서 제공하는 오퍼레이션 이름이 변경되었으며, 자원 변경 및 해제 관련 오퍼레이션이 재정비되었다. 버전 3에서 제공하는 메시지는 자원 가용성 확인, 자원 예약, 예약 및 할당된 자원에 대한 정보 수집 그리고 기존 예약의 수정 및 취소 등이 있다. 버전 3에서는 WSRF 기반과 WSRF 기반이 아닌 GNS-WSI를 모두 제공한다.

### 2.2 Harmony/Phosphorus

PHOSPHORUS는 유럽의 GEANT2 테스트 베드에서 ASON(Automatically Switched Optical Network)과 GMPLS를 이용하여 구성한 그리드 프로젝트이다. 이 프로젝트는 코어 네트워크와 그리드 자원들 사이의 상호 연관 관계를 제공하는 네트워크 자원 할당 시스템과 제어 평면을 정의한다. 또한 효율적인 방법으로 멀리 도메인에서 중단간 네트워크 서비스를 요구에 의한(on-demand) 서비스 요청이 가능하도록 핵심 기술의 정의가 목적이다<sup>[9]</sup>.

PHOSPHORUS의 NSP(Network Service Plane)인 Harmony 시스템은 2008년 3월 OGF23에서 정의되었다<sup>[10]</sup>. Harmony는 일반적인 AAA 툴킷을 이용하여 Authentication과 Authorization 인프라를 구현하였으며, 사용자들과 그리드 어플리케이션이 이기종 도메인들 사이의 네트워크 자원과 경로를 예약할 수 있는 여러 도메인 간의 경로 프로비저닝 시스템이다. 서로 다른 네트워크 자원 인프라를 요구할 지라도 이를 동적, 순응적으로 그리고 효과적으로 제공할 수 있도록 한다. Harmony 시스템의 구조는 그림 2와 같다. Harmony 시스템에는 그리드 미들웨어와 NSP 사이인 NB-IF (Northbound Interface), NSP와 NRPS (Network Resource Provisioning Systems) 사이의 E/W-IF (East/West Interface) 그리고 NSP와 G2MPLS 사이의 E-IF(External Interface) 인터페이스가 정의되어 있다.

NB-IF에는 네트워크 예약 서비스인 Reservation 웹 서비스와 토폴로지 생성 서비스인 Topology 웹 서비스가 정의되어 있다<sup>[11]</sup>.

E/W-IF에는 토폴로지의 이벤트를 관여하는 Notification 웹 서비스, 자원 예약과 관련된 Reservation 웹 서비스와 토폴로지 생성과 관련된 Topology 웹 서비스가 정의되어 있다. E-IF에서는 다른 프로젝트들과 통신하기 위한 인터페이스가 정의되어 있으며, G2MPLS에 그리드와 네트워크 설정을 트리거하기 위한 간단

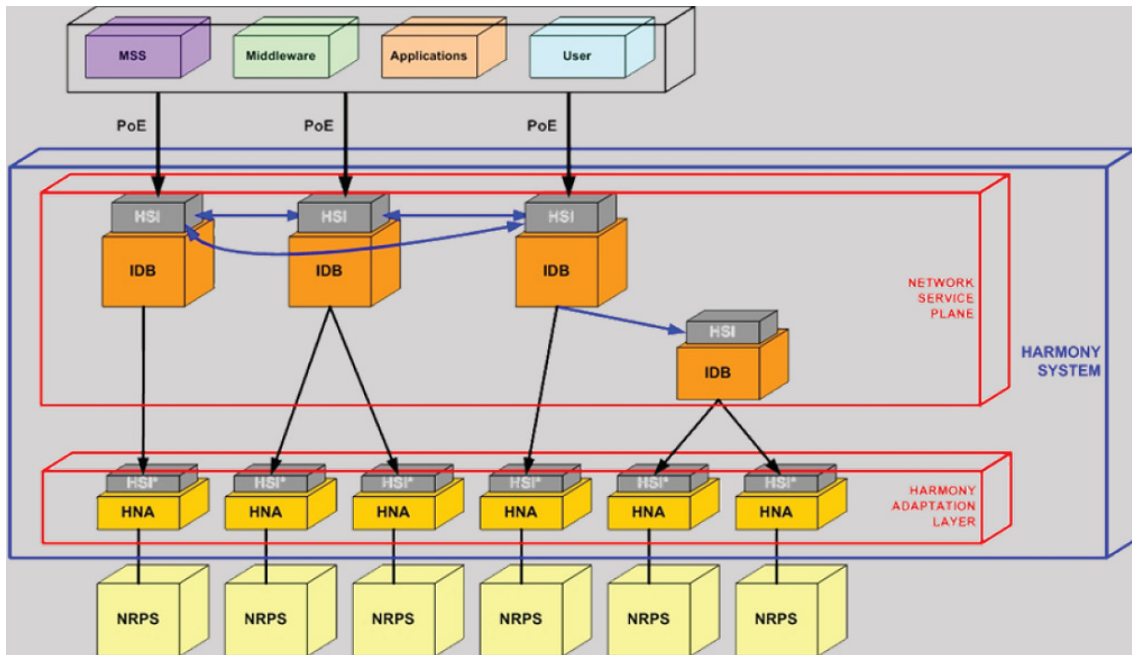


그림 2. Harmony Architecture

한 연결 설정 인터페이스가 있다. 차후 목표로는 NSP의 동배 간(peer-to-peer) 작업 오퍼레이션 확장과 NSP의 보안 인프라 정의를 계획하고 있다.

### 2.3 IDC/DCN

IDC(Inter Domain Controller)는 DCN(Dynamic Circuit Network)<sup>[12]</sup>에서의 다른 도메인간의 컨트롤을 담당하는 자원제어 시스템이다. DCN은 Internet2에서의, 고성능의 광, 패킷 망 환경에서 단 기간의 연결을 설정하여 중단 사용자가 요구하는 대역폭을 신뢰성있게 제공하는 네트워크이다. DCN은 사용자가 Internet2의 자원을 요청하면 제어평면의 소프트웨어를 이용하여 자동으로 자원 예약을 할당하거나 해제한다. DCN의 제어평면 소프트웨어는 인증과 권한 확인을 통하여 도메인 간의 상호 운용성을 지원한다. DCN에서는 NSF의 DRAGON, ESnet의 OSCARS, 그리고 GEANT2 AutoBAHN 프로젝트의 소프트웨어를 이용하여 제어평면의 소프트웨어를 개발하고 있다.

DCN은 그림 3과 같이 OSCARS 소프트웨어로 구성된 IDC(Inter-Domain Controller)와 DRAGON 소프트웨어로 구성된 DC(Domain Controller)가 있다. DC는 로컬 도메인의 네트워크 장비 관리와 자원 설정에 대한 서비스를 제공하며, Internet2 DCN은 GMPLS가 지원되지 않는 장비를 위하여 DRAGON 소프트웨어를 사용한다. IDC는 관리 영역이 다른 도메인에서 제공하는 서비스를 사용하기 위하여 도메인 간에 조정자 역할을 하며 Topology Exchange, Resource

Scheduling, Signaling 그리고 User Request/Response의 네 가지 웹 서비스를 제공한다.

Topology Exchange 웹 서비스는 도메인 간에 OGF의 NMWG(Network Measurement Working Group)에서 정의된 Control Plane 토폴로지 스키마 형태의 토폴로지 정보를 교환하기 위하여 getNetworkTopology 오퍼레이션을 제공한다. Resource Scheduling 웹 서비스는 요구되는 자원에 대하여 예약을 생성(createReservation), 수정(modifyReservation) 그리고 취소(cancelReservation)하기 위한 메시지를 제공한다. Signaling 웹 서비스는 예약된 자원을 사용하는 경로를 생성(createPath)하거나 해제(teardownPath)를 위한 메시지를 제공한다. User Request/Response 웹 서비스는 Resource Scheduling 웹 서비스 메시지와 Signaling 웹 서비스 메시지를 제공한다<sup>[13]</sup>.

### III. FENIUS

FENIUS는 한국을 포함한 각 나라의 네트워크 자원 할당 시스템을 국제적으로 연동하기 위해서 고안된 단일화된 사용자 인터페이스이다. 단일화된 인터페이스를 지원하기 위해서 단일화된 표준이 필요하며 GLIF(Global Lambda Integrated Facility)의 Technical Issues Working Group의 Generic Network Interface Task Force에서 권고 및 구현되고 있다. FENIUS를 사용하여 사용자들은 한국의 연구망(KREONET)과 일본의 연구망(JGN)의 망 자원을 할당 받을 수 있

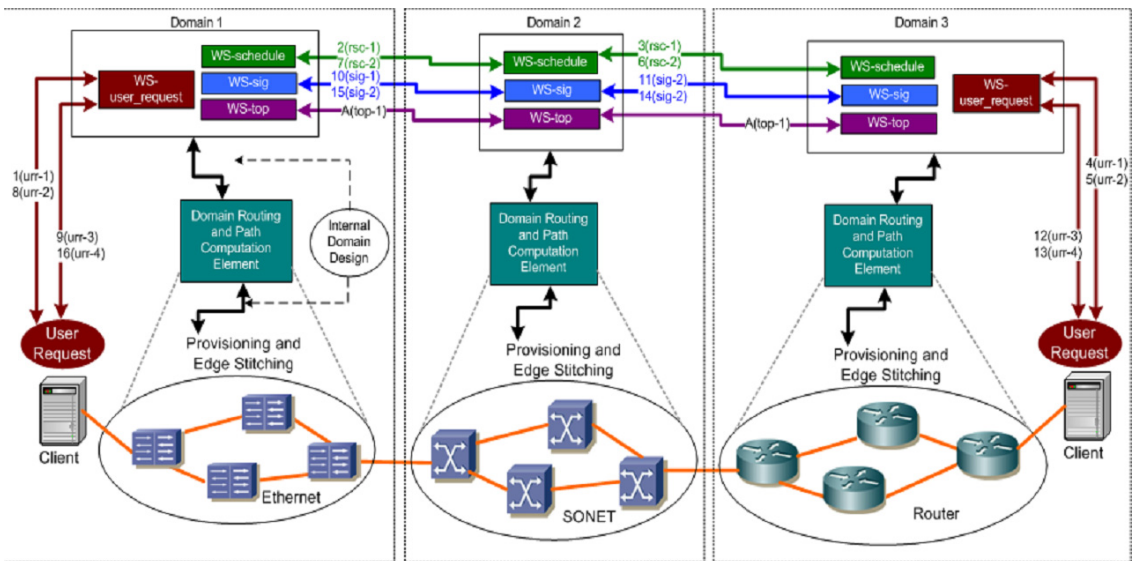


그림 3. DCN Architecture

며, 한국의 한 사이트와 일본의 한 사이트의 시스템 사이에 타 트래픽의 간섭 없이 고품질의 네트워킹 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

### 3.1 GLIF 권고안

GLIF는 광 네트워킹을 장려하고 지원하기 위한 국제 가상 기구이다<sup>[14]</sup>. NREN(National Research and Education Network)들의 글로벌 협력을 지원하며, 람다(lambda) 네트워크에서의 기술 및 정책에 대한 규정과 컨소시엄 작업을 위한 플랫폼을 제공하고 있다. GLIF의 4개 워킹 그룹 중에서, Control Plane & Grid Integration Middleware에서 네트워크 자원관리 관련 작업을 수행하였다. 2008년 1월 회의에서 Control Plane & Grid Integration Middleware 워킹 그룹은 Technical Issues 워킹 그룹과 합병되었다.

이 워킹 그룹에서는 분산되어 있는 람다 자원들의 제어 평면들 각각에 대한 인터페이스와 프로토콜들을 협의하고 승인하는 작업을 한다. GLIF의 Technical Issues 워킹 그룹의 산하에는 다음과 같은 업무를 수행하는 태스크 포스트들이 있다.

- GNI(Generic Network Interface) 규격 작업
- 동적인 광경로(lightpath)에 대한 유일한 식별 방법
- 광경로에 대한 성능 모니터링(perfSONAR)
- 동적인 GLIF 서비스
- GOLE(GLIF Open Lightpath Exchange)를 위한 공통의 서비스 레벨 규격 작업

GNI 태스크 포스트에서는 네트워크 자원관리를 위해 GNI에서 제공되어야 하는 오퍼레이션과 파라미터들을 정의하고 있다. GNI에 그리드 웹 서비스의 표준인 WSRF<sup>[15]</sup> 규격의 적용 필요성 분석과 각 WSRF 규격들의 중요도를 지정하였다. 또한, 각 오퍼레이션과 파라미터 그리고 WSRF의 적용 상황을 그리드 네트워크의 자원관리 프로젝트(PHOSPHORUS, G-lambda, IDC, AutoBAHN) 별로 정리하였다.

2008년 10월의 Technical Issues 워킹 그룹의 회의에서 GNI 규격의 정제 작업을 수행 하였다. 현재 AutoBAHN, PHOSPHORUS 그리고 OGF(Open Grid Forum)의 NSI에서 정의한 네트워크 자원관리 API들이 서로 다른 방법으로 구현되어 있어, GUSI(GLIF Unified User Interface)라는 공통의 통합된 API 개념을 정의하였다<sup>[16,17]</sup>. GUSI 플랫폼은 서로 다른 네트워크 자원관리 인터페이스를 사용하는 시스템들에게 메시지 파서로서 어댑터 역할을 수행하게

된다. GUSI는 GLIF 커뮤니티에서 제공될 새로운 서비스들의 확장성과, 모듈화를 지원하기 위한 개념으로, API들은 GLIF 멤버들을 위해 공개 소스로 제공하게 된다. 그림 4는 GUSI의 개념도이다. 2009년 하반기에 GUSI가 FENIUS로 개명되었다.

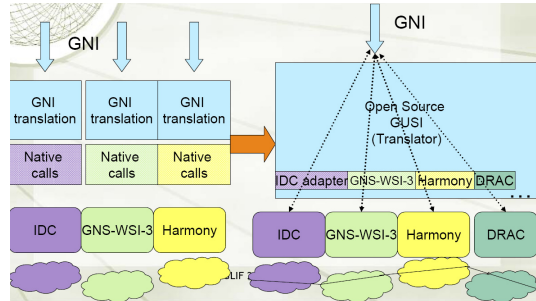


그림 4. GUSI Conceptual Configuration

### 3.2 FENIUS 환경

FENIUS는 Maven 환경에서 설치 운영된다. Maven은 Plug-in 단위의 Dependency 관리도구이며 POM(Project Object Model)이라는 Maven Project 명세서에 기반을 둔다. 이에 기반을 두어 자바, 웹서비스 등 다양한 형태의 project 구성이 가능하다. Maven 환경에서의 FENIUS 는 다음과 같은 구조를 가진다.

- fenius-base (parent plug-in)
  - ↳ fenius-api : Translator 구현을 위한 interface. (req, rsp interface)
  - ↳ fenius-soap : wsdl에 의해 생성된 소스파일들을 포함
  - ↳ fenius-util : wsdl, jetty configuration 관련 util
  - ↳ fenius-ws-simple : web service를 구동하는 모듈
  - ↳ fenius-client-simplews : web service를 request하는 클라이언트

### 3.3 FENIUS API

FENIUS는 사용자를 위한 단일 인터페이스이다. 사용자들은 네트워크 자원의 할당을 FENIUS를 통해 수행하게 된다. 네트워크 자원의 생성과 생성된 네트워크 자원들의 상태를 보여주는 명령을 수행하게 된다. 경로 설정을 위한 create api는 설정이 필요한 중



표 1. Create API Parameters

Fenius Create API (input)	dynamicKL Create (input)	
activationTime (DateTime)	StartingTime(int)	현재부터 몇 초 후 라고 하는 정수 값이다. 단위는 Second 이다.
duration(int)	EndTime(int)	단위는 Second 이다. Duration 을 이용하여 EndTime을 계산한다.
bandwidth(int)	reqBW(int)	단위는 Mbps 이다.
dstEndpoint(String)	DestinationIP(String)	수신자 노드에 식별자이다.
reservationID (String)	해당사항 없음	
srcEndpoint(String)	SourceIP(String)	송신자의 노드의 식별자이다.
status(String)	해당사항 없음.	

단의 IP 정보와 필요한 대역량과 경로가 지속되는 시간 등을 요구하게 된다. 그리고 list는 이렇게 설정된 정보들을 전달해준다. 경로설정요청을 위한 create API의 파라미터는 표 1과 같으며, list API의 파라미터는 create API 파라미터와 동일한 형식을 가진다.

FENIUS를 통해서 전달된 이러한 경로할당 정보들은 해당 국가의 네트워크에서 동작하는 제어시스템인 DynamicKL(한국), G-lambda(일본), Harmony(유럽), IDC(미국)을 동작시키게 된다. 각 제어시스템들은 create와 list API를 통해서 전달받은 파라미터를 해석하여 해당 국가의 연구망에 해당 광경로를 설정하게 된다.

#### IV. 시 연

본 장에서는 FENIUS를 이용하여 4개국의 연구망이 상호 연동되어 동작하는 것을 시연하였다. 여기서 4개국은 한국, 미국, 일본, 유럽이며, 2009년 GLIF 워크숍 행사시 수행되었다.

##### 4.1 시연 환경

국제간 FENIUS를 이용한 네트워크 자원할당을 위한 연동 시연을 위하여 한국의 KREONET, 미국의 Starlight, 일본의 G-lambda, 유럽의 HPDMnet에서 운영되는 dynamicKL, IDC, G-lambda, Harmony / Phosphorus가 대상이 되었다. KREONET, Star-tap, HPDMnet 등은 각국의 연구망들이며 이들의 네트워크 자원을 할당하여 고품질의 네트워크 서비스를 제공하기 위해서 각각 dynamicKL, IDC, Harmony / Phosphorus 등이 개발되어 운영된다.

시연을 위한 가상적 연동 토폴로지는 그림 5와 같다. 본 시연은 실제 네트워크의 데이터 전송이 되는 data plane의 개입 없이, 네트워크 자원할당이 상호 연

동되어 수행되는지에 대한 control plane의 시연이다. 그림 5는 시나리오 상에서의 가상적 연동 토폴로지라고 이해하면 되겠다.

다른 나라를 거친 국제간 네트워크 자원을 제공받기 위해서 각 나라의 이러한 제어 시스템들 간의 상호 연동이 필요하다. 이러한 상호 연동을 위해서 사용자에게 제공되는 단일 인터페이스가 FENIUS이다.

그림 6은 FENIUS의 기본 구조를 보여준다. FENIUS는 Common API, Web UI client, Monitoring client, Common Web Service API의 사용자 인터페

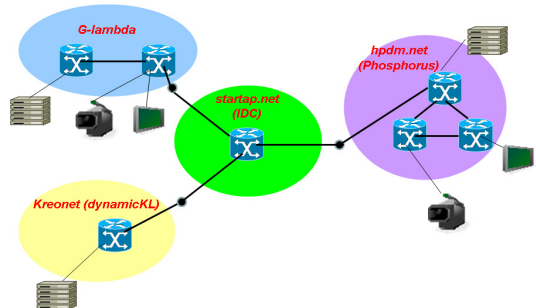


그림 5. FENIUS 연동 대상 연구망과 제어시스템들<sup>[18]</sup>

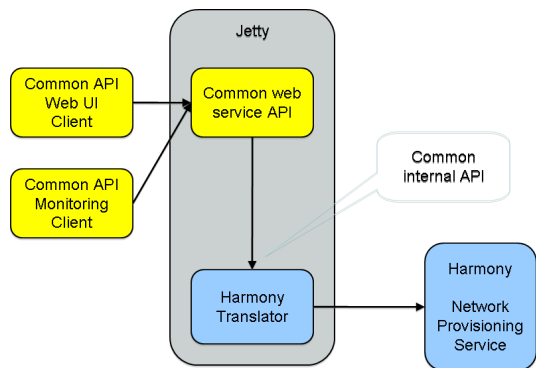


그림 6. FENIUS 구조<sup>[18]</sup>

이스가 제공된다. 사용자는 이 인터페이스를 통해서 원하는 요구사항을 입력하게 된다. 입력된 요구사항은 각 나라의 네트워크 할당 시스템, 즉 dynamicKL, IDC, G-lambda, Harmony/Phosphorus, 로 적절히 전달되어야 한다. 이를 위하여 입력 사항이 각각의 형식에 맞게 변경 되어야 하며, 이것을 위해서 Translator 모듈이 필요하다. 이러한 구현은 Jetty기반의 웹 서비스로 구현되어 있다. 특히 그림 6은 Harmony의 구조에 맞는 Translator 의 예를 보여주고 있다. 제공되는 Common API는 네트워크 자원의 할당을 명령하는 create와 할당되어 있는 상태를 보여주는 list의 2개 API가 구현되어 제공되어 있다. 이러한 API가 각 연구망들의 제어 시스템들에 적용되기 위해서는 각 연구망들에서 동작하는 제어 시스템에 맞게 명령들이 다시 재구성되어야 하며 이것이 Harmony Translator가 된다. 이러한 Translator는 Common API에서의 create 명령과 list 명령을 해당 연구망 제어 시스템에 맞는 할당 명령과 할당된 상태를 보여주는 명령으로 재구성한다. 즉, G-lambda, dynamicKL, IDC 등도 각각의 Translator가 구현되어 있다.

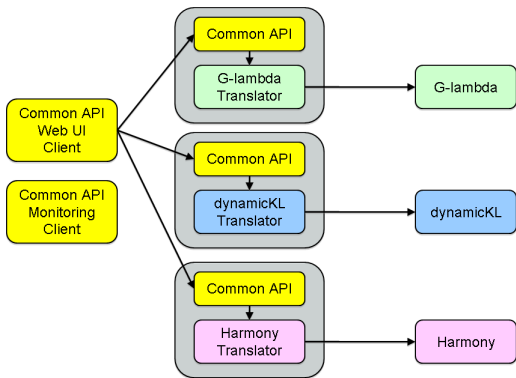


그림 7. Translator 구조<sup>[18]</sup>

FENIUS를 통해 전달된 create와 list 명령들은 두 개 혹은 그 이상의 도메인의 거쳐서 자원할당을 요구할 수 있다.

그림 7에서 보듯이, 각 나라의 제어 시스템들이 하나의 Common API에 의해서 동시에 제어가 가능하며, G-lambda, dynamicKL, Harmony 등이 동시에 각 나라의 네트워크 자원을 할당하여 사용자에게 제공하게 된다. 사용자는 한국에서 일본을 거쳐 유럽의 네트워크를 할당받아서 원거리 상의 고품질의 네트워크를 할당받게 되는 것이다.

그림 8은, FENIUS을 4개국 연구망 제어 시스템간의 네트워크 자원 할당에 대한 시연을 보여주고 있다. 각 연구망의 제어 시스템들은 모두 동작함을 보여주고 있으며('up' 으로 표시), HPDMnet과 G-lambda, Star-tap의 3개국 네트워크 자원들이 하나의 명령에 의해서 각각 할당 되고 있는 장면을 보여주고 있다. 시간은 180초이며, 1기가 대역으로 예약되어 할당되었음을 보여준다.

이는, 한국, 일본, 유럽, 미국 간의 네트워크 자원할당 시스템간의 연동이 FENIUS로 가능함을 보여준다. 공통 Web 인터페이스를 통하여 G-lambda시스템으로 일본 연구망(G-lambda/JGN)을 할당하고, dynamicKL을 통하여 한국 연구망(KREONET)을 할당하고, IDC를 통하여 미국 연구망(Star-tap)을 할당하고, 그리고 Harmony를 통하여 유럽 네트워크(HPDMnet)를 할당할 수 있다. 최종의 사용자는 단일 인터페이스를 통하여 한국에서 일본, 혹은 미국, 혹은 유럽으로 가는 네트워크 설정을 임의로 명령할 수 있게 된다.

## V. Conclusions

FENIUS를 통하여 각 나라의 연구망들은 상호 연

### Fenius Reservation Monitor

hpdn.net (Phosphorus)	dynamicKL.kreonet	g-lambda.net (G-lambda)	startap.net (IDC)	Reset Information	Current Time
up	up	up	up	<input type="button" value="RESET"/>	10/28 1:20:4(UTC)

Reservation ID	Terminal Point	Terminal Point	Activate Time	Duration (sec)	BW (Mbps)	VLAN	Status
R-12113[2]	net.hpdn:synchromedia:be/2	net.hpdn:synchromedia:ue/videoCam	2009-10-28T02:21:26.000+01:00	180	1000	120	RESERVED
R-12113[0]	g-lambda.net:TSUKUBA	g-lambda.net:CHICAGO	2009-10-28T01:21:26.000Z	180	1000	120	RESERVED
R-12113[1]	urn:ogfnetwork:startap.net:e1200te-1/0:*	urn:ogfnetwork:startap.net:e1200te-1/2:*	2009-10-27T18:21:26.000-07:00	180	1000	null	RESERVED

그림 8. FENIUS 시연 모습<sup>[18]</sup>

동에 대한 단일 인터페이스를 제공해 줄 수 있게 되었다. 현재 한국, 미국, 유럽, 일본의 4개 연구망에 대한 control plane 상에서의 연동이 됨을 확인하였다. 많은 다른 나라들의 연구망들이 추가로 연동된다면, 연구망을 통해서 중단간 광대역 및 고품질의 네트워크 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

보안/인증 문제, 각 나라의 네트워크 정책에 대한 상호 연동 시 미해결 문제 등은 추후 많은 기술적 검토가 보완되어야 할 것으로 보인다.

### 참 고 문 헌

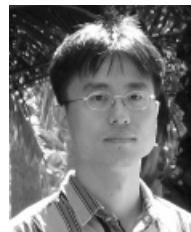
[1] FENIUS, "http://code.google.com/p/fenius"  
 [2] G-lambda, "http://www.G-lambda.net"  
 [3] M Hayashi, T Miyamoto, T Otani, H Tanaka, A Takefusa, H Nakada, T Kudoh, N Nagatsu, U Sameshima, S Oamoto, "Managing and controlling GMPLS network resources for Grid applications," OWQ.3, OFC 2006  
 [4] A Takefusa, M Hayashi, n Nagatsu, H Nakada, T Kudoh, T Miyamoto, T Otani, H tanaka, M Suzuki, Y Sameshima, W Imajuku, M Jinno, Y takigawa, S Okamoto, Y Tanaka, S Sekiguchi, "G-lambda : Coordination of a grid scheduler and lambda path service over GMPLS," Future Generation Computing Systems, 2006  
 [5] The G-lambda project, "Grid Network Service-Web Services Interface, version 2," OGF, 2006  
 [6] GLOBUS, "http://www.globus.org"  
 [7] The G-lambda project, "Grid Network Service-Web Services Interface, version 3," OGF, 2008  
 [8] G. Markidis, A. Tzanakaki, N. Ciulli, G. Carrozzo, D. Simeonidou, R. Nejabati, G. Zervas, "EU Integrated Project PHOSPHORUS: Grid-GMPLS Control Plane for the Support of Grid Network Services," ICTON 2007  
 [9] Michel Savoie-Communications Research Centre "Phosphorus Project, Harmony System Overview," OGF 24, 2008.  
 [10] Joan A. Garcia Espin, "Phosphorus Project Harmony System Interfaces, Multi-Domian reservation and interoperability," OGF 23

2008.

[11] Lina Battertilli, Andrei Hutanu, Gigi Karmous-Edwards, Daniel S.Katz, Jon Maclaren, Joe Mambretti, John H. Moore, Seung-Jong Park, Harr G. Perros, Syam Sundarm Savera Tanwire, Steven R. Thorpe, Thorpe and Yufeng Xin, "EnLIGHTened Computing: An Architecture for Co-allocating Network, Compute, and other Grid Resources for High-End Applications," High Capacity Optical Networks and Enabling Technologies, HONET 2007.  
 [12] Dynamic Circuit Network, "http://www.internet2.edu/network/ dc/"  
 [13] Andrew Lake, John Vollbrecht, Aaron Brown, Jason Zurawski: Internet2; David Robertson, Mary Thompson, Chin Guok, Evangelos Chaniotakis: ESnet Tom Lehman: ISI-East, "Inter-domain Controller (IDC) Protocol Specification," May 2008.  
 [14] GLIF, "http://glif.is"  
 [15] OASIS, "http://oasis-open.org"  
 [16] Erik-Jan Bos, Gigi Karmous-Edwards, "Minutes of Technical WG and Task Force meetings available," GLIF Annual Global LambdaGrid Workshop, 2008.  
 [17] Erik-Jan Bos, Gigi Karmous-Edwards, "GLIF Universal Service Interface GUSI A GLIF Project," GLIF Annual Global LambdaGrid Workshop, 2008.  
 [18] Evangelos Chaniotakis, "GNI API Task Force," GLIF Annual Global LambdaGrid Workshop, October 2009.

석 우 진 (Woojin Seok)

정회원



1996년 경북대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2003년 Univ. North Carolina, Computer Science 석사  
 2008년 충남대학교 컴퓨터공학과 박사  
 2003년~현재 한국과학기술정보연구원 선임연구원

<관심분야> 무선/이동 QoS, TCP 성능 분석



임 현 국 (Huhnuk Lim)

정회원



1999년 한국항공대학교 전자공학과 학사  
2001년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사  
2006년 광주과학기술원 정보통신공학과 박사  
2006년~현재 한국과학기술정보연구원 선임연구원

<관심분야> GMPLS enabled Optical Networks, Optical Internet, Optical Packet / Burst Switching, RWA Algorithms in Wavelength Routed Networks

한 장 수 (ChangShou, Han)

준회원



2009년 안동대학교 컴퓨터공학과(학사)  
2009년~현재 안동대학교 컴퓨터공학과(공학석사)  
<관심분야> 그리드 네트워크, 자원제어, 인터넷 QoS 등

문 정 훈 (Jeonghoon Moon)

정회원



1999년 경북대학교 컴퓨터공학과 컴퓨터공학 석사  
현재 한국과학기술정보연구원 선임연구원  
현재 한국통신학회원  
현재 한국전자공학회원  
<관심분야> 네트워크 가상화, 융합네트워크, 원격가상현실

차 영 욱 (YoungWook, Cha)

정회원



1987년 경북대학교 전자공학과(학사)  
1992년 충남대학교 전자통계학과(공학석사)  
1998년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)  
1987년~1999년 한국전자통신연구원 선임연구원

2003년~2004년 매사추세츠 주립대학 방문학자

1999년~현재 안동대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 광 인터넷, 개방형 통신망, 망 제어 및 관리, NGN 등

공 정 욱 (Jonguk Kong)

정회원



1993년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(학사)  
1998년 포항공과대학교 정보통신대학원 정보통신과(석사)  
2005년~현재 충남대학교 정보통신공학과 박사과정 수료  
1993년~2001년 (주)데이콤 중앙연구소 선임연구원

2001년~2002년 (주)맥스웨이브 책임연구원

2002년~현재 한국과학기술정보연구원(KISTI) 선임연구원

<관심분야> optical networking, 망 자원 관리