



*IT R&D Global Leader*

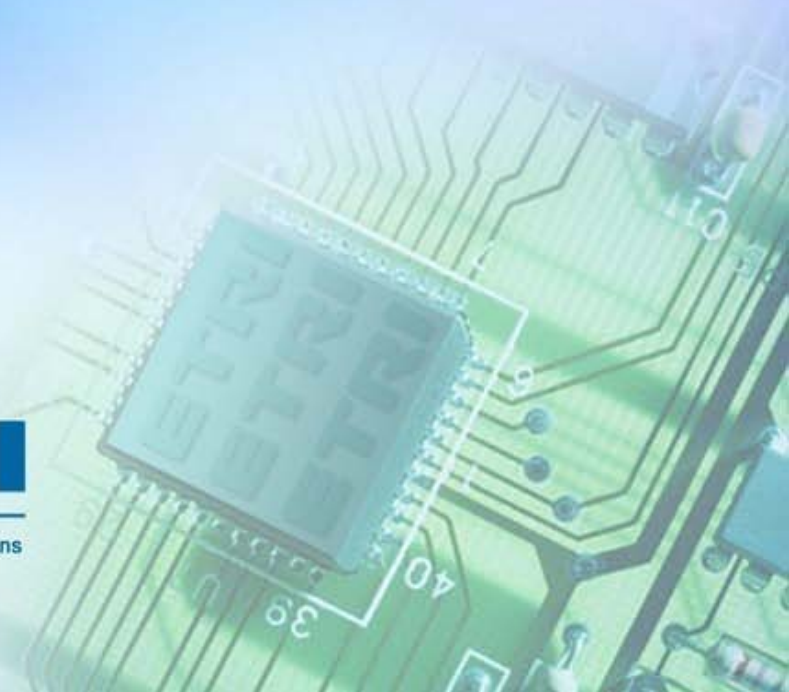
# GENI 관리 및 제어의 플랫폼 적용방안

2009.02.23.

김영화

**ETRI**

Electronics and Telecommunications  
Research Institute



# 목 차

- I 개요
- II GENI 관리 및 제어
- III ETRI 미래인터넷 플랫폼
- IV GENI 관리 및 제어의 플랫폼 적용
- V 고려사항

I

## 개요

- 발표 요약
- GENI 문서들의 관계
- GENI의 지향점 및 목적
- GENI 로드맵
- GENI 구조
- GENI 컴포넌트

II

## GENI 관리 및 제어

III

## ETRI 미래인터넷 플랫폼

IV

## GENI 관리 및 제어의 플랫폼 적용

V

## 고려사항

## 발표 요약

---

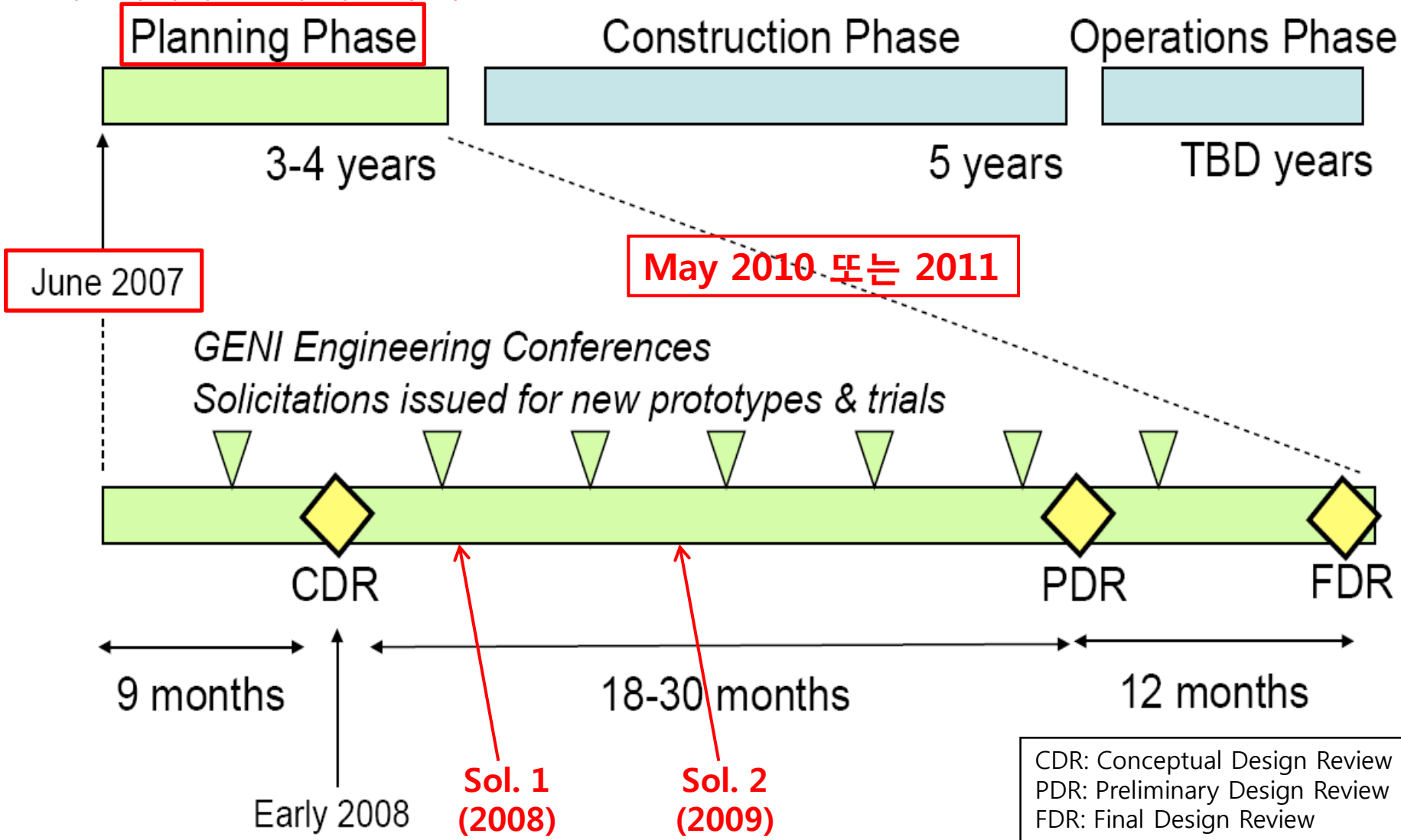
- GENI 문서(특히, 관리 및 제어)의 분석을 통해
- ETRI 미래인터넷 플랫폼의 적용 방안을 확인하고자 함
  
- 아직 수렴되지 않은 개인적인 견해가 상당히 내재되어 있음 !!!

# GENI의 지향점 및 목적

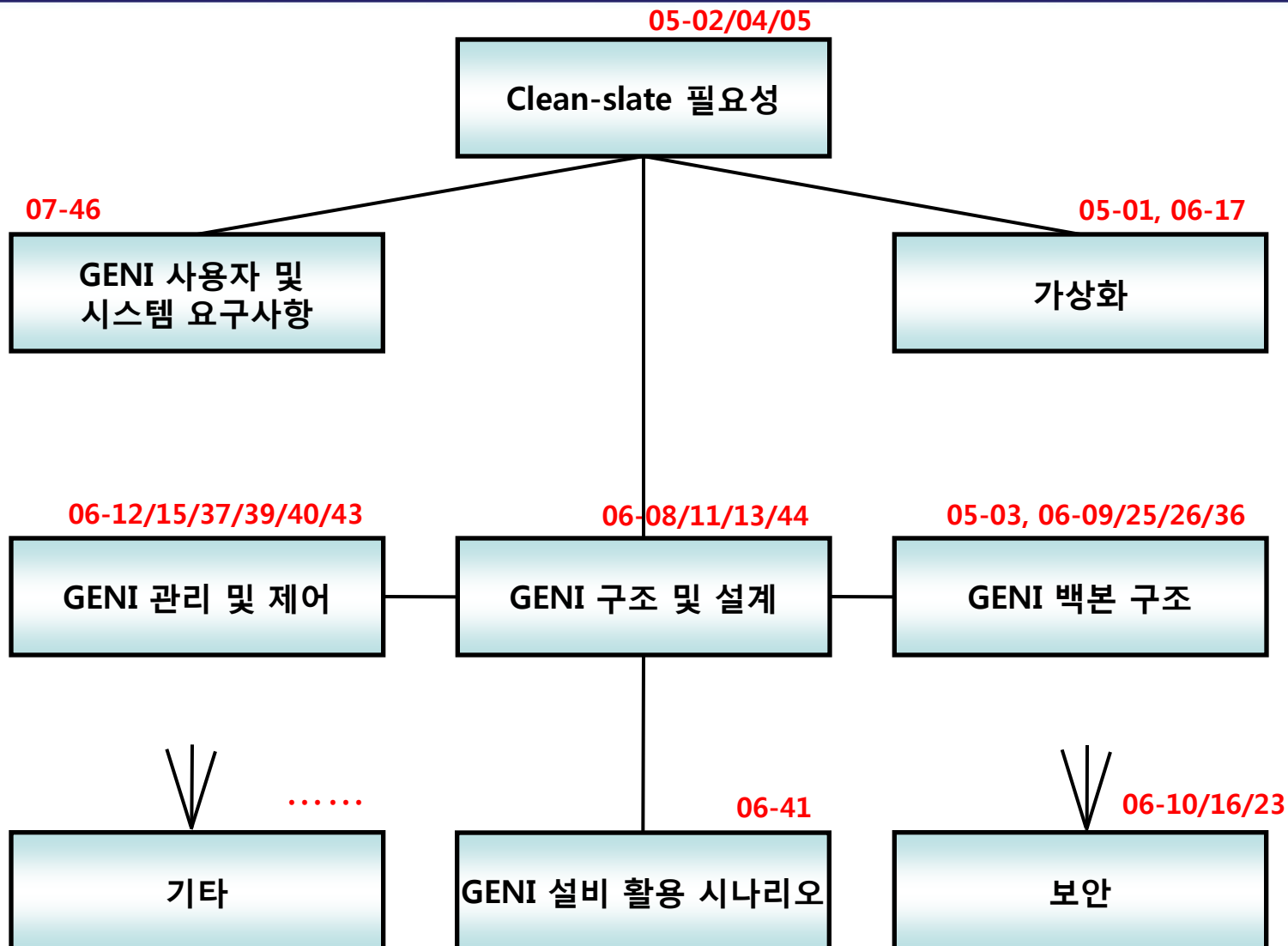
- 다음과 같은 세계를 실현
  - 이동성 및 범지구적인 연결성이 일반적인 세계
  - 센서와 제어기의 효율적인 이용으로 더욱 안전하고 만족스러운 세계
  - 네트워킹을 의도적으로 하지 않고 자연스런 실생활의 부분으로 하는 세계
- 고수준의 신뢰도와 예측성을 가지고 원할 때 언제든지 통신이 가능하도록 하는 보안과 강건성에 대한 아키텍처 연구를 지원
- 새로운 무선/광/컴퓨팅/응용/망관리 기술에 대한 아키텍처 연구를 지원
- ISP의 비즈니스 정책을 지원하기 위한 라우팅 프로토콜을 재설계할 수 있도록 아키텍처 연구를 지원
- 진행중인 네트워킹 기술에 대한 다음과 같은 아키텍처 연구를 지원
  - 대규모 분산 인프라 및 모바일 Ad-hoc 네트워크의 자동관리
  - 대규모 분산 저장 시스템의 프로비전 및 업그레이드
  - 높은 지연 및 링크 손실을 갖는 대규모 이기종 네트워크에서 라우팅과 전송
- 사용자가 현재의 인터넷보다 질적으로 더 나은 글로벌 통신 네트워킹 기술 및 관련 서비스를 발명하고 검증할 수 있는 환경을 제공

# GENI 로드맵

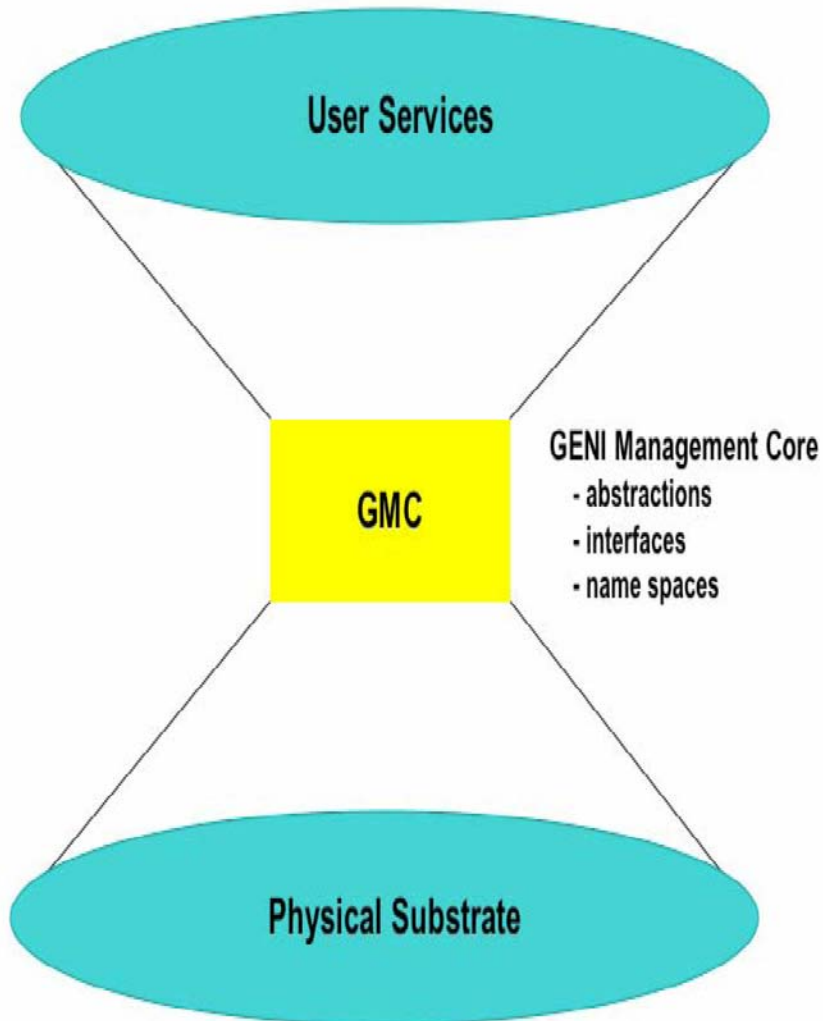
제안과제의 1단계 기간에 해당



# GENI 문서들의 관계



# GENI 구조



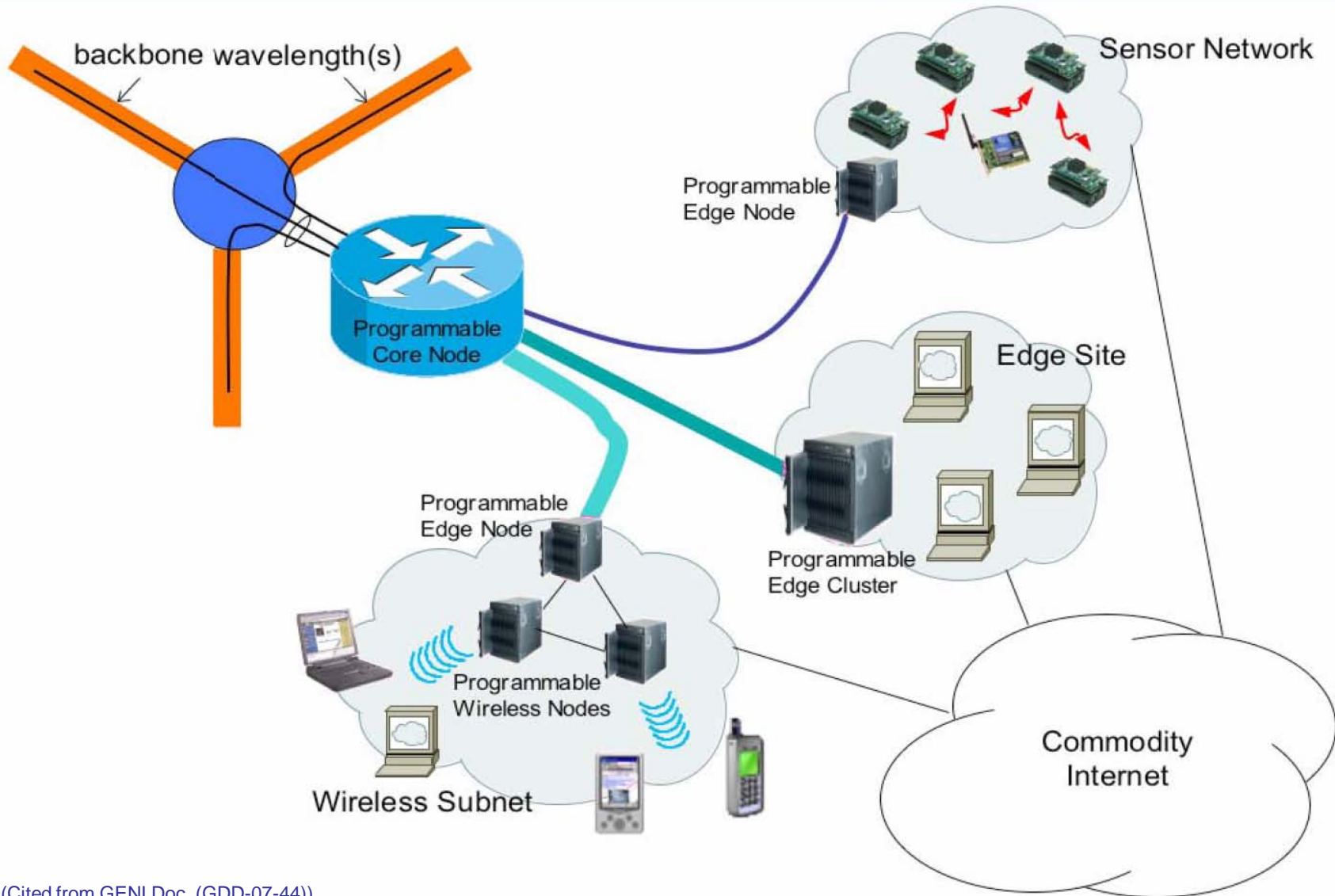
- Live distributed service
- Internet probing experiment
- Controlled router experiment
- Live virtual ISP
- Dynamic circuit provisioning
- Enhanced wireless service ...

**GENI management and control (via MA/SA) between user and GENI system, and between its server and substrates**

**Physical facilities (routers, processors, links, wireless devices)**

(Cited from GENI Doc. (GDD-07-44))

# GENI 컴포넌트



(Cited from GENI Doc. (GDD-07-44))

I

개요

II

**GENI 관리 및 제어**

- 요구사항
- 운용자 및 실험자 포털
- PlanetLab MA
- API 비교
- 실험 절차 예

III

ETRI 미래인터넷 플랫폼

IV

GENI 관리 및 제어의 플랫폼

V

고려사항

# GENI의 주요 사용자 요구사항

- 동시에 1000개 이상의 실험을 수행할 수 있어야 한다
- 슬라이스간 연결성을 지원할 수 있어야 한다
- 서로 다른 실험들이 영향을 미치지 않도록 슬라이스간 강력한 격리를 지원할 수 있어야 한다
- 현재 인터넷에 대한 접속을 지원할 수 있어야 한다
- 현재 인터넷의 패킷 포맷과는 다른 패킷 포맷의 실험을 지원할 수 있어야 한다
- 현재 이용 가능한 대표적인 유무선 네트워킹 기술을 지원해야 한다
- 종단간 지형학적 거리의 두배 이상의 종단간 지연이 발생해서는 안된다
- 가상화 기능을 지원하는 컴포넌트에 대한 의도적인 장애 명령을 수행할 수 있어야 한다
- H/W 기반의 위조 불가능한 식별 태그, 키 생성기 등과 같은 특수 보안 기술을 사용할 수 있어야 한다
- 자신의 실험을 모니터링하고, 디버깅할 수 있는 풍부한 툴셋을 지원해야 한다
- 15 ~ 20년 정도의 생명주기를 유지할 수 있도록 설계되어야 한다

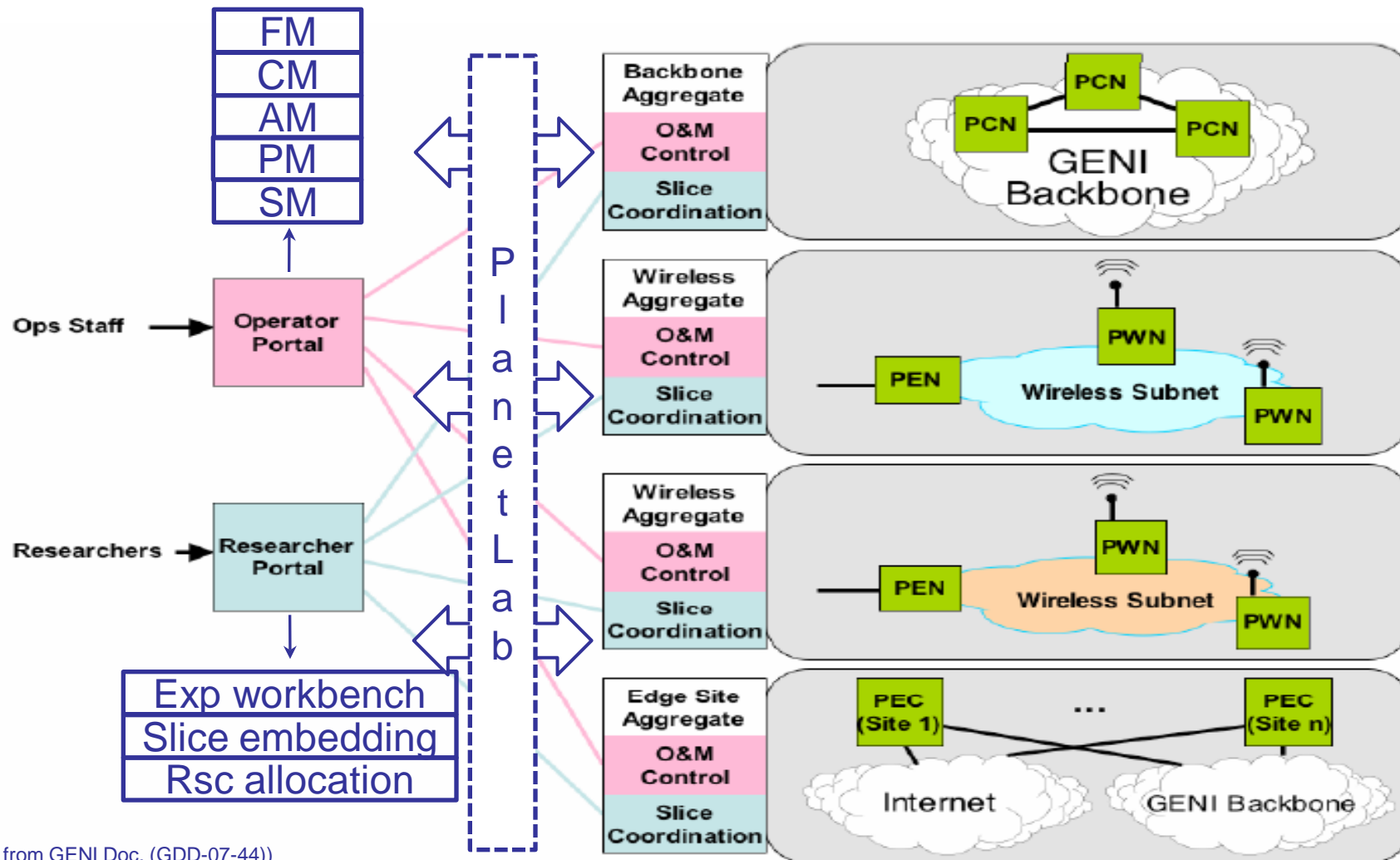
# GENI의 주요 시스템 요구사항

- 추상화, 인터페이스, 이름 공간에 대한 프레임워크를 포함해야 한다
- 다양한 구현 및 버전이 추가될 수 있도록 오픈 인터페이스를 제공해야 한다
- 최소한 하나의 802.11 기반 무선 서브넷을 지원할 수 있어야 한다
- 최소한 하나의 3G/WiMax 기반 무선 서브넷을 지원할 수 있어야 한다
- 최소한 하나의 CR 및 센서 서브넷을 지원할 수 있어야 한다
- 물리적 설비는 인터넷으로 향하는 트래픽을 모니터링할 수 있어야 한다
- 자원 할당 정책은 컴포넌트의 소유자가 결정해야 한다
- 모든 슬라이스가 사용하는 모든 자원들에 대한 DB를 유지해야 한다
- 가상 소켓/링크/라디오/와이어 인터페이스를 지원해야 한다
- 각 사용자는 GENI 당국이 발행한 인증서 및 키쌍으로 식별되어야 한다
- 슬리버의 관리, 격리, 안전 로그인 등의 기능들이 지원되어야 한다
- 트래픽 모니터, 안전 부트 모니터, H/W 모니터 기능을 포함해야 한다
- 에지에서 백본간 L0/L1/L2/L3 패스를 지원해야 한다
- 백본에서 종단간 단방향의 지연은 100 msec 이내로 한다
- FCAPS 기능을 지원해야 한다
- 사용자가 제시한 기준에 맞는 자원 발견 기능을 제공해야 한다
- 백본 노드는 25개 이내로, 노드는 최대 4개까지 물리적 연결이 가능해야 한다

- 시스템 아키텍처
- 컴포넌트 구조
- 최근 주요 기술
- PCN
- PEN
- PWN
- Wireless subnets
- 유무선 단말
- 사용자 지원
- 보안
- 운용자 포털
- 실험자 포털
- 지원 서비스
- 측정 및 데이터 저장

# 운영자 및 실험자 포털

(방향: 최대한 자동화 환경을 지원 !!!)



(Cited from GENI Doc. (GDD-07-44))

# PlanetLab MA

- Securely booting and configuration of nodes (using Boot Server and Boot Manager)
- Auditing of Internet traffic (using PlanetFlow)
- Monitoring of nodes and slices (using CoMon)

Name	Node	Boot Manager	PLC (MA) Boot Server	mer Max	Mem Size	Swap In	Disk Util	Disk Size	BW Limit	DNS1 udp	Raw Ports
#	Address	Location		mer Avg		Swap Out	Disk Used	Disk Used	FD Test	DNS1 tcp	ICMP Ports
1	planet-lab1.i	SouthAm	1. Boots from BootCD (Linux loaded)								
2	planet-lab2.i	SouthAm	2. Hardware initialized								
3	planet-lab1.u	SouthAm	3. Read network config from floppy								
4	plab1-c703.u	Europe	4. Contact PLC (MA)								
5	plab2-c703.u	Europe	5. Se								
6	plab1-itec.uni-kl.ac.at	Europe	6. Execute boot mgr								
			7. Node key read into memory from floppy								
			8. Invoke Boot API								
			9. Ve								
			10. State = "install", run installer								
			11. Update node state via Boot API								
			12. V								
			13. Chain-boot node (no restart)								
			14. Node booted								
				0.26 S	good	Prod boot	2.6.22.19	2-21-2009 23:10:02			
				145.9 D		Werewolf			0.01 S		
				0.00 S							
				40.0%	0	0.23	100	87	8.08	226.71	good
				27.0%	0	0.24	100	580		12%	

slices

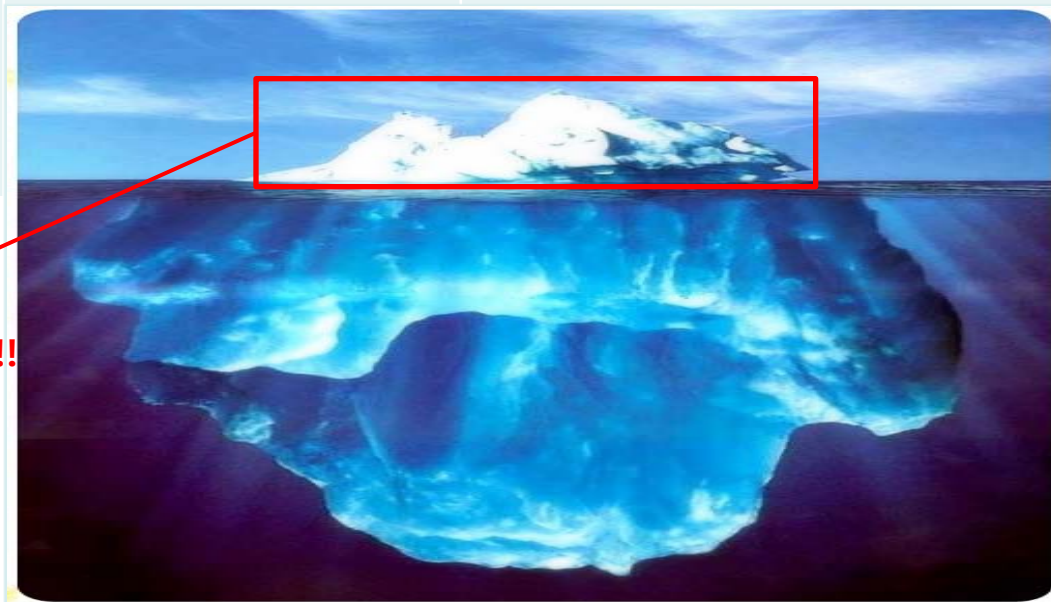
flow = slice, protocol, src\_ip, src\_port, dst\_ip, dst\_port, packets, bytes

Rate	DNS1 udp	Raw Ports
56000	0.0%	0
56000	0.0%	0
0	1.4%	0
0	0.0%	0
none	0.0%	0
0	0.0%	0
0	0.0%	0
4000		
4000		
0	0.0%	0
0	-1.0%	0
0	-1.0%	0
none		
0		0
0		0

# API 비교 - 서버와 노드 사이에서

GENI	protoGENI	PlanetLab	A case of ROADM
<ul style="list-style-type: none"> <li>- GetTicket</li> <li>- CreateSliver</li> <li>- ModifySliver</li> <li>- ModifyTicket</li> <li>- StartSliver</li> <li>- StopSliver</li> <li>- DestroySliver</li> <li>- ListSlivers</li> <li>- ListSlices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolve</li> <li>- DiscoverResources</li> <li>- GetTicket</li> <li>- RedeemTicket</li> <li>- UpdateSliver</li> <li>- ReleaseTicket</li> <li>- StartSliver</li> <li>- DeleteSliver</li> <li>- DeleteSlice</li> <li>- GetSliver</li> <li>- BindToSlice</li> <li>- SliverStatus</li> <li>- SliceStatus</li> <li>- ListUsage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Management 관련 48개</li> <li>- Slice 관련 42개</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Management(구성) 관련 48개</li> <li>- Management(장애) 관련 4개</li> <li>- Management(성능) 관련 8개</li> <li>- Management(측정) 관련 10개</li> <li>- Management(절체) 관련 6개</li> <li>- Management(클릭) 관련 6개</li> <li>- Management(보고) 관련 17개</li> <li>- 연결제어 관련 4개</li> <li>- 자동발견 관련 3개</li> </ul>

API는 빙산의 일각 !!!

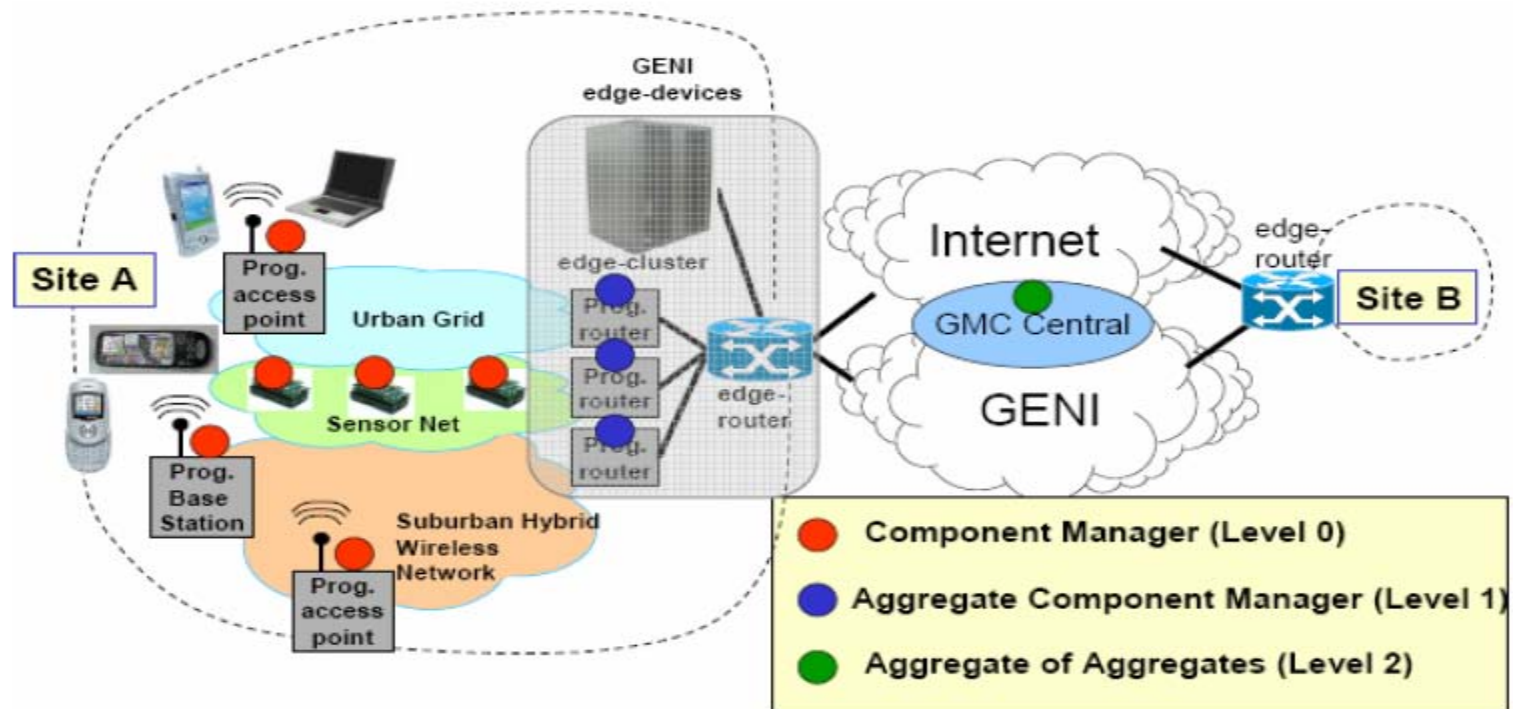


# 실험 절차 예 (1/3)

## ■ Experiment control

- The process of creating a slice, configuring the slice for running an experiment, uploading the code into the configured slice, executing the experiment, and collecting measurements

## ■ GENI management and control architecture



(Cited from GENI Doc. (GDD-07-43))

## 실험 절차 예 (2/3)

---

- **An example for experiment control for wireless GENI**
  - **Communication between CL1 and CL2**
  - **Measurement of e2e latency, packet loss, handoff duration**
    - (1) **Creating new set of credentials for the experiment**
    - (2) **Request for the nodes and desired topology by the experimenter to the GENI infrastructure (TSpec)**
    - (3) **Definition of the functional roles of the various entities involved in the experiment (e.g VoIP sender, VoIP receiver) (FSpec)**
    - (4) **Definition of the measurements to be made as a part of the experiment (MSpec)**
    - (5) **Description of experiment dynamics**
    - (6) **Resource allocation by the GENI infra. for this experiment in terms of nodes, links, experiment time**
    - (7) **Actual experiment deployment (upload code, start services etc)**

# 실험 절차 예 (3/3)

## Overall experiment lifecycle

```
#Start test traffic
whenAllInstalled()
  NodeSet ['CL2'] .startVoIPReceiver
  NodeSet ['CL1'] .startVoIPSender

#Wait for 5 minutes (300 secs)
Wait 300

#Mobility emulation (We assume this to be an AP initiated roaming)
NodeSet ['AP2'] .starthandoffInitiator
NodeSet ['AP3'] .starthandoffAcceptor
```

### TSpec configuration

- Select nodes
- Configure interfaces

### FSpec configuration

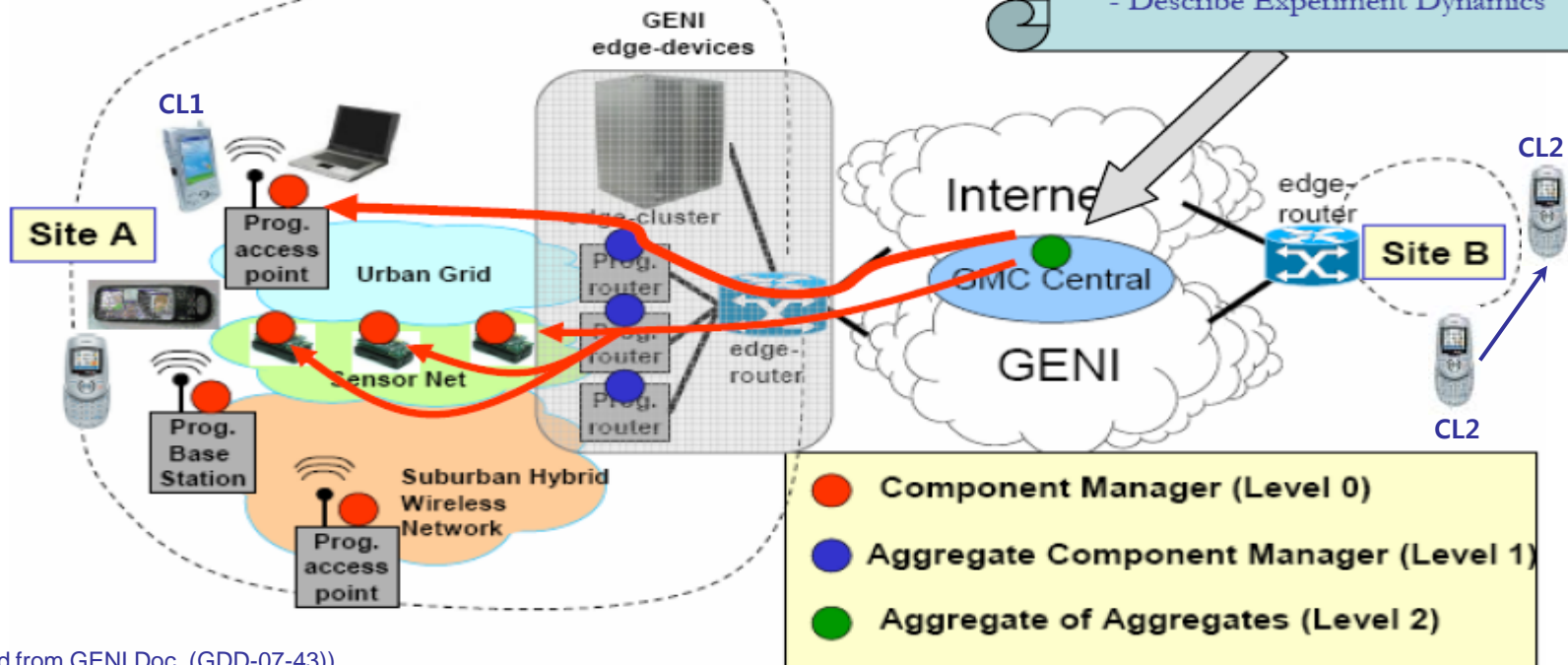
- Download application and libraries
- Configure application parameters

### MSpec configuration

- Configure measurement collection

### ESL

- Describe Experiment Dynamics



(Cited from GENI Doc. (GDD-07-43))

I

개요

II

GENI 관리 및 제어

III

**ETRI 미래인터넷 플랫폼**

- 플랫폼 개요
- 플랫폼 구조
- 연차별 개발 목표 및 내용
- Hello-world 시험

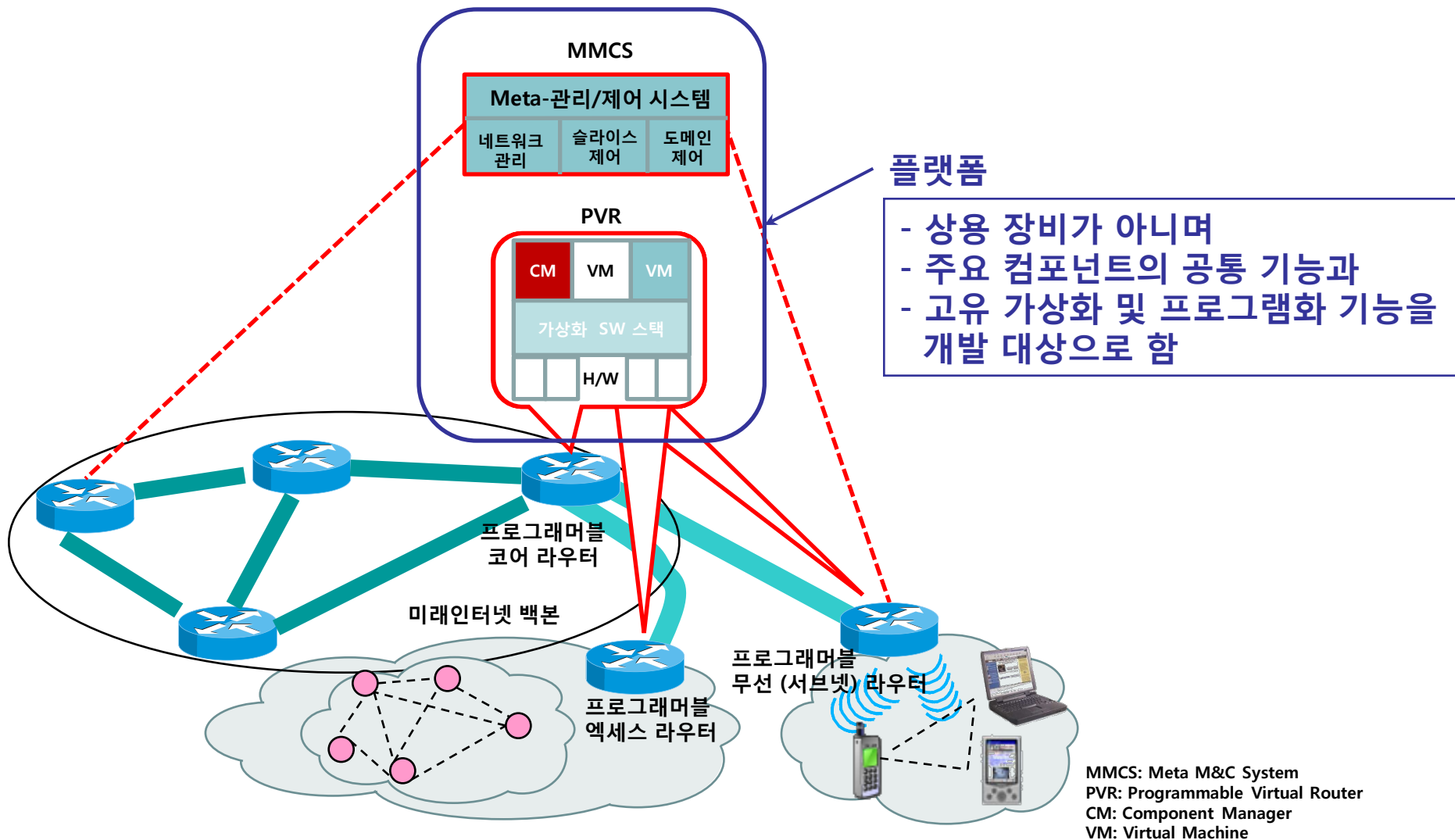
IV

GENI 관리 및 제어의 플랫폼

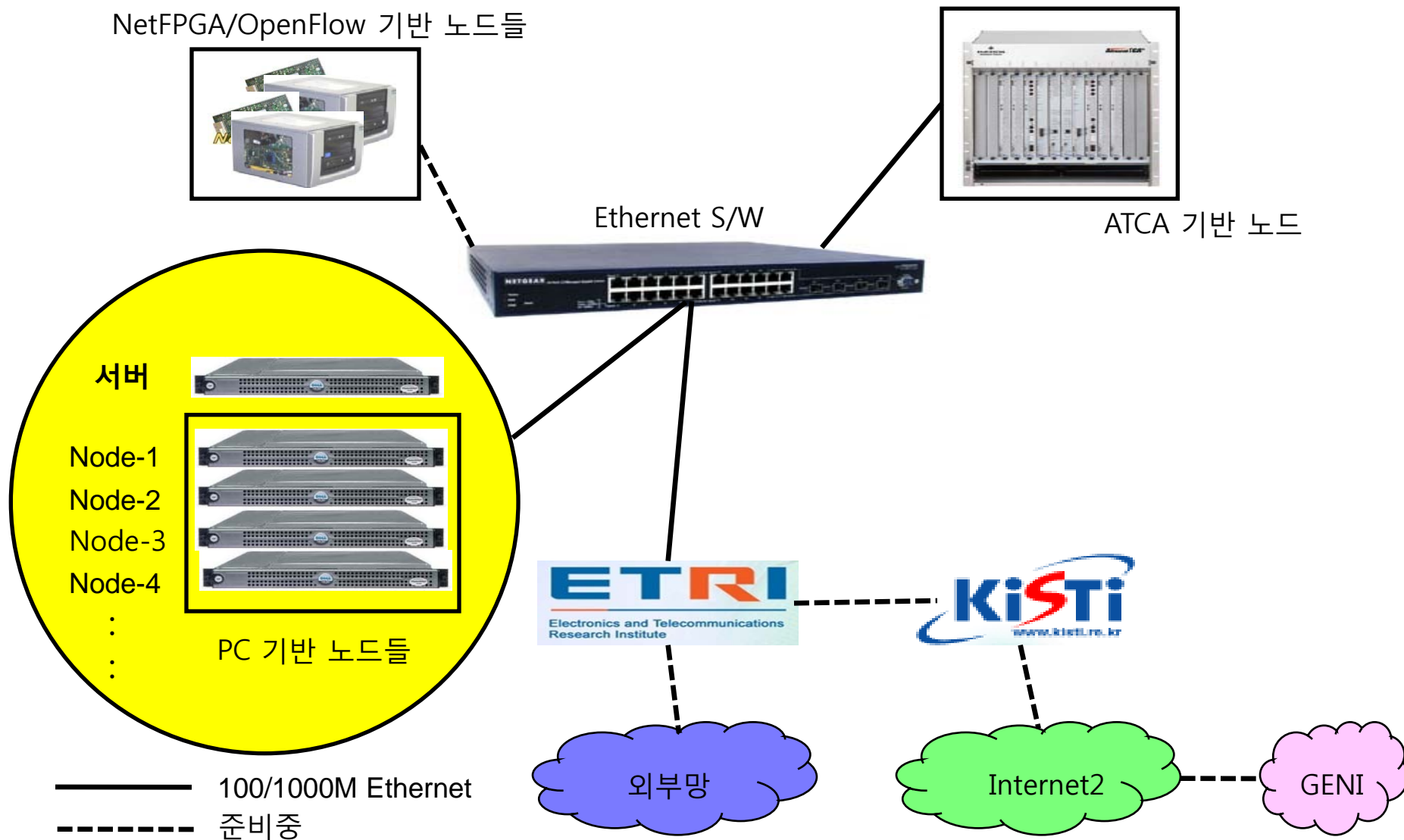
V

고려사항

# 플랫폼 개요



# 물리적 구조



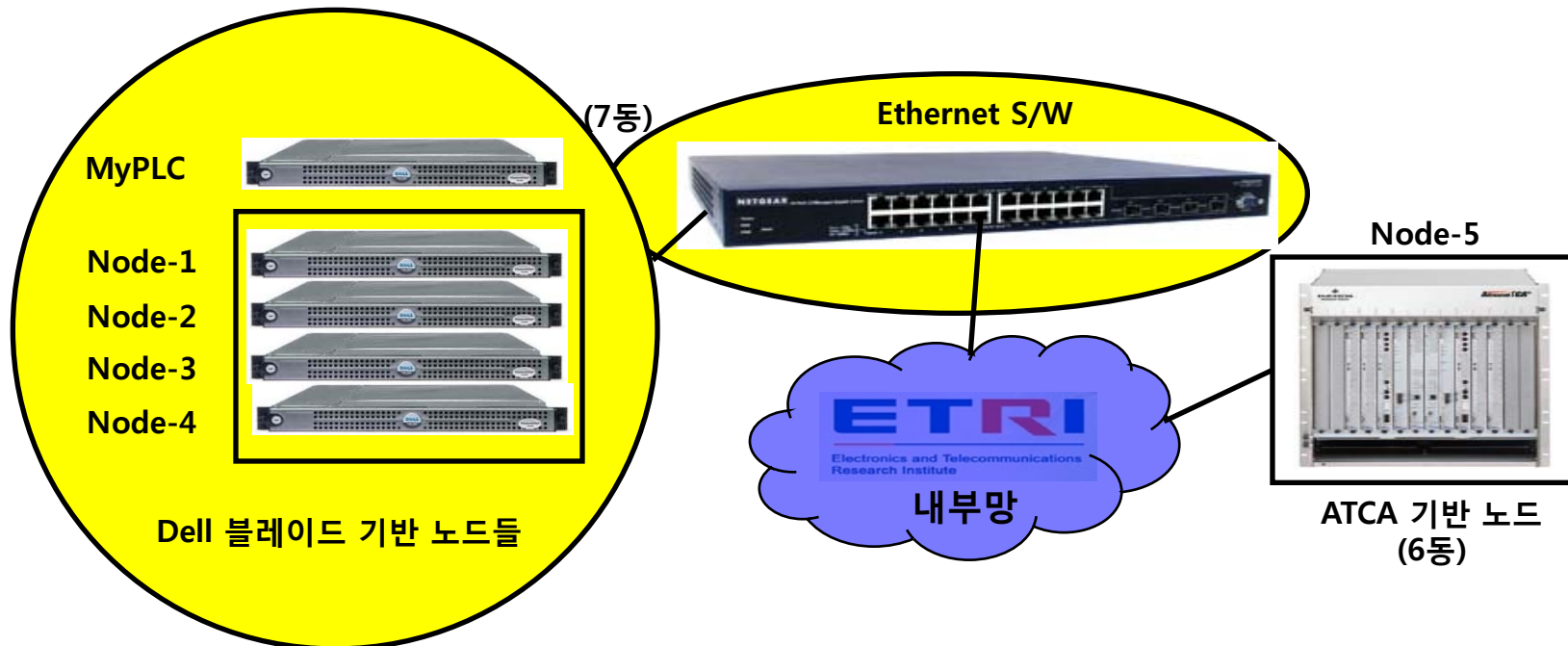
# 연차별 개발 목표 및 내용

최종목표		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 프로그래밍화 및 네트워크 가상화 핵심원천 기술개발</li> <li>● 미래 아키텍처/서비스를 실현하기 위한 미래인터넷 플랫폼 기술 개발</li> </ul>		
단계	단계별 목표	연도	연차별 목표	연차별 주요 내용
(유선)  1 단계	프로그램화 및 네트워크 가상화 기본 핵심기술 및 플랫폼 개발	2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래인터넷 인프라의 기본 핵심기능 연구 및 구조 설계</li> <li>• ETRI 미래인터넷 인프라 플랫폼 개발환경 구축 및 <b>기본 플랫폼 프로토타입 개발</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그래밍화 및 네트워크 가상화의 기본 구조 연구 및 설계</li> <li>• 동적 서비스제어를 위한 PC 기반 플랫폼의 기본 적용 구조 연구 및 설계</li> <li>• 미래인터넷 인프라의 플랫폼 요구사항 및 기본 플랫폼 구조 연구 및 설계</li> </ul>
		2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래인터넷 인프라의 기본 핵심기능 구현 및 시험</li> <li>• ETRI 미래인터넷 인프라 플랫폼 <b>Spiral 1 모델 개발</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그래밍화 및 네트워크 가상화의 기본 기능 구현 및 시험</li> <li>• 동적 서비스제어를 위한 PC 기반 플랫폼의 기본 적용 기능 구현 및 시험</li> <li>• 미래인터넷 인프라 기본 플랫폼 시스템 기능 구현 및 시험</li> </ul>
		2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래인터넷 인프라의 기본 핵심기능 성능 보완</li> <li>• ETRI 미래인터넷 인프라 플랫폼 <b>Spiral 2 모델 개발</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그래밍화 및 네트워크 가상화의 기능 및 성능 보완</li> <li>• 동적 서비스제어를 위한 PC 기반 플랫폼의 기본 적용 기능 및 성능 보완</li> <li>• ETRI 미래인터넷 인프라 플랫폼 Spiral 2 모델 개발</li> </ul>
(무선)  2 단계	프로그램화 및 네트워크 가상화 고도 핵심기술 및 플랫폼 개발	2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래인터넷 인프라의 고도 핵심기능 설계, 구현 및 시험</li> <li>• ETRI 미래인터넷 인프라 <b>고도 플랫폼 프로토타입 개발</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그래밍화 및 네트워크 가상화의 고도 기능 설계, 구현 및 시험</li> <li>• 동적 서비스제어를 위한 PC 기반 플랫폼의 고도 적용 구조 설계, 구현 및 시험</li> <li>• 미래인터넷 인프라 고도플랫폼 시스템 설계, 구현 및 시험</li> </ul>
		2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래인터넷 인프라의 고도 핵심기능 성능 보완</li> <li>• ETRI 미래인터넷 인프라 플랫폼 <b>Spiral 3 모델 개발</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그래밍화 및 네트워크 가상화의 고도 기능 및 성능 보완</li> <li>• 동적 서비스제어를 위한 PC 기반 플랫폼의 고도 적용 기능 및 성능 보완</li> <li>• 미래인터넷 인프라 고도플랫폼 시스템 기능 및 성능 보완</li> </ul>

# Hello-world 시험 (1/4)

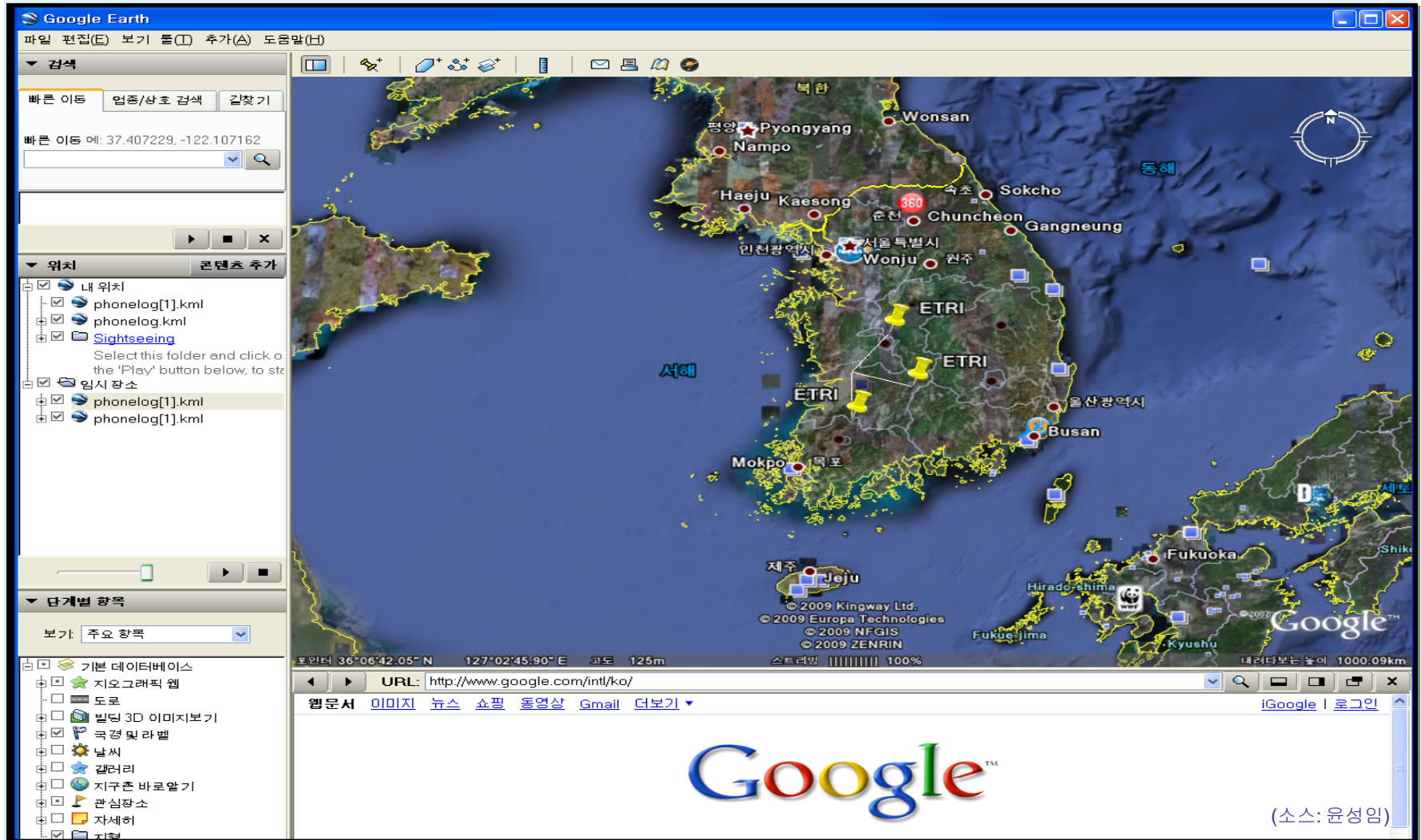
## ■ Hello-world 시험 개요

- PlanetLab 튜토리얼 문서
- "C" 입문시 배우는 helloWorld.c와 유사
- PlanetLab Core 시스템을 활용하여 노드 위치를 Google 맵에 표시
- ETRI 미래인터넷 플랫폼에서 시험



# Hello-world 시험 (2/4)

## ■ Hello-world 실행 결과



# Hello-world 시험 (3/4)

## ■ Hello-world 시험 경험

- 몇가지 요구사항들
  - Python 2.3 이상
  - PHP 4.0 이상
  - Google Earth Map browser
  - CoDeploy: for automatic S/W deployment
  - CoMon: for obtaining a list of nodes currently alive
- nodes.txt 파일을 수동 생성
- CoMon 특징
  - A monitoring infrastructure developed as a part of the CoDeeN project in Princeton University
  - A tool for supporting monitoring service at both a node level and a slice level in PlanetLab networks
  - Opened on only user's mouse interface
- 공개되지 않은 주요 기본 기능(모니터링, 자원발견, 플로우 처리)들의 조기 통합이 필요

I

개요

II

GENI 관리 및 제어

III

ETRI 미래인터넷 플랫폼

IV

**GENI 관리 및 제어의 플랫폼 적용**

V

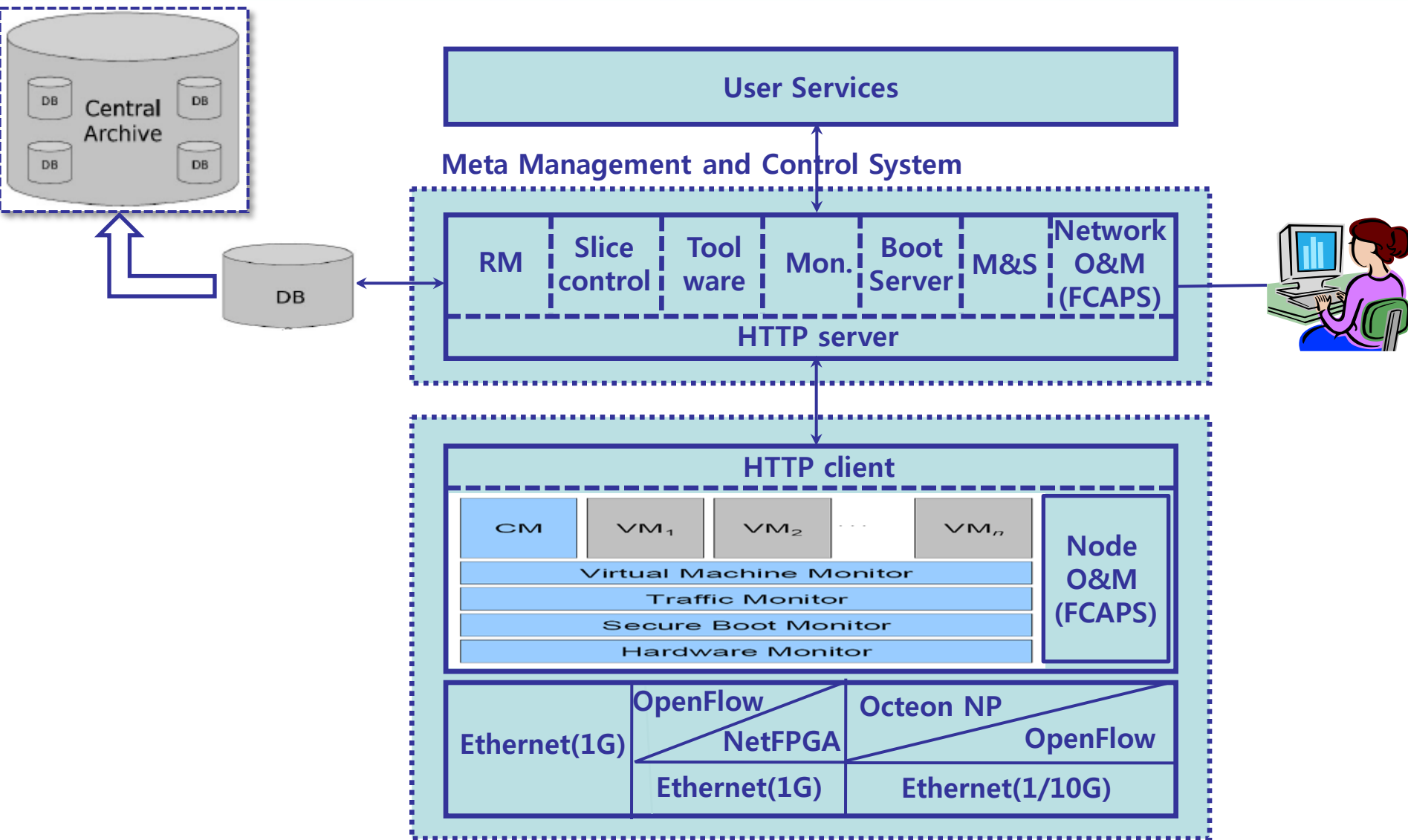
고려사항

- 플랫폼 주요 요구사항(안)
- 플랫폼 기능 구조
- 활용 시나리오 예

## 플랫폼 주요 요구사항(안)

- 추상화, 인터페이스, 이름 공간에 대한 프레임워크를 포함해야 한다
  - 다양한 구현 및 버전이 추가될 수 있도록 오픈 인터페이스를 제공해야 한다
  - 최소한 하나의 802.11 기반 무선 서브넷을 지원할 수 있어야 한다
  - 최소한 하나의 3G/WiMax 기반 무선 서브넷을 지원할 수 있어야 한다
  - 최소한 하나의 CR 및 센서 서브넷을 지원할 수 있어야 한다
  - 물리적 설비는 인터넷으로 향하는 트래픽을 모니터링할 수 있어야 한다
  - 자원 할당 정책은 컴포넌트의 소유자가 결정해야 한다
  - 모든 슬라이스가 사용하는 모든 자원들에 대한 DB를 유지해야 한다
  - 가상 소켓/링크/라디오/와이어 인터페이스를 지원해야 한다
  - 각 사용자는 GENI 당국이 발행한 인증서 및 키쌍으로 식별되어야 한다
  - 슬리버의 관리, 격리, 안전 로그인 등의 기능들이 지원되어야 한다
  - 트래픽 모니터, 안전 부트 모니터, H/W 모니터 기능을 포함해야 한다
  - 에지에서 백본간 L0/L1/L2/L3 패스를 지원해야 한다
  - 백본에서 종단간 단방향의 지연은 100 msec 이내로 한다
  - FCAPS 기능을 지원해야 한다
  - 사용자가 제시한 기준에 맞는 자원 발견 기능을 제공해야 한다
  - 백본 노드는 25개 이내로, 노드는 최대 4개까지 물리적 연결이 가능해야 한다
- 시스템 아키텍처
  - 컴포넌트 구조
  - 최근 주요 기술
  - PCN
  - PEN
  - PWN
  - Wireless subnets
  - 유무선 단말
  - 사용자 지원
  - 보안
  - 운용자 포털
  - 실험자 포털
  - 지원 서비스
  - 측정 및 데이터 저장

# 플랫폼 기능 구조



# 활용 시나리오 예 (1/4)

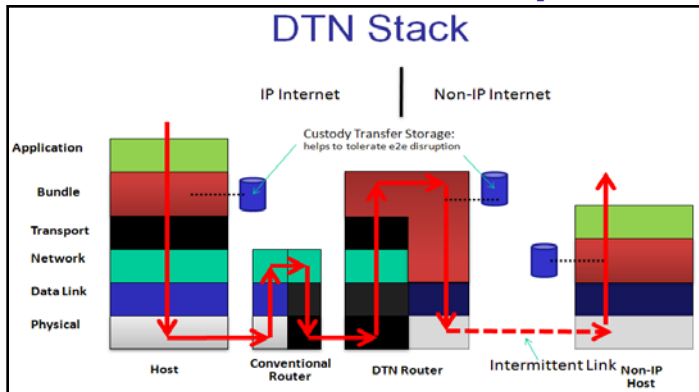
## ■ GENI 설비 활용 시나리오 (GDD-06-41)

	슬라이스 특성	컴포넌트 위치	가상 I/F 유형	인터넷 접속
Live Distributed Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세부 서비스 관련 기능</li> <li>- 자원: 메모리/디스크</li> <li>- 공정한 자원 관리 정책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에지 노드</li> <li>- 백본 노드</li> <li>- 유무선 단말</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가상 서버 I/F</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요</li> </ul>
Internet Probing Experiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probe 기능</li> <li>- 주기적인 자원 요구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에지 노드</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가상 서버 I/F</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요</li> </ul>
Controlled Router Experiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신규 알고리즘/프로토콜</li> <li>- 자원: 링크</li> <li>- 데이터 평면 수정 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에지 노드</li> <li>- 백본 노드</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가상 라우터 I/F</li> </ul>	
Live Virtual ISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LDS 및 CRE의 통합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에지 노드</li> <li>- 백본 노드</li> <li>- 유무선 단말</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가상 서버 I/F</li> <li>- 가상 라우터 I/F</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요</li> </ul>
Dynamic Circuit Provisiong	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 서킷 연결제어 기능</li> <li>- 전용 대역폭</li> <li>- 자원: TS, Lambda</li> <li>- 서킷 유형: TDM, 광</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 백본 노드</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가상 스위치 I/F</li> </ul>	
Enhanced Wireless Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신규 알고리즘/프로토콜</li> <li>- DTN 연결</li> <li>- 자원: 링크/메모리/디스크</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선 단말</li> <li>- 에지 노드</li> <li>- 백본 노드</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가상 라우터(MAC) I/F</li> <li>- 가상 서버 I/F</li> </ul>	

# 활용 시나리오 예 (2/4)

## ■ DTN research group (IRTF)

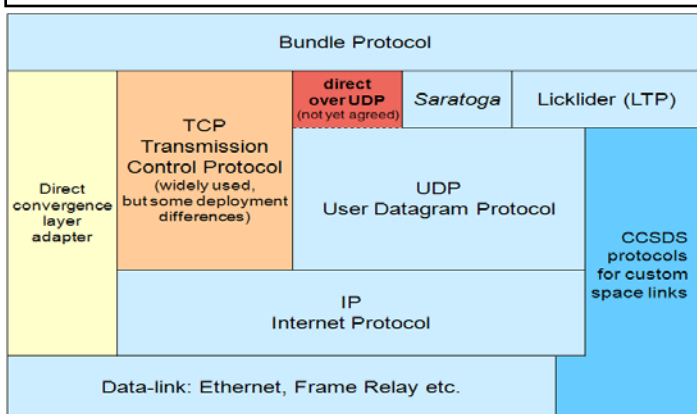
- 우주선, 군대, 수중, 재난 그리고 ad-hoc 센서망 등과 같이 지속적인 종단 간 연결을 보장할 수 없는 환경에서 상호운용이 가능한 통신 기술을 제공하기 위한 구조 및 프로토콜을 개발
- 사례: Bundle protocol



We have experienced reliability problems when testing the **Bundle Protocol** in space....

Not checking bundles for errors before forwarding can increase resend times and overall network utilization.

- Errors are only noticed afterwards by the user, rather than being caught early in the network.



150MB image transferred from UK-DMC satellite using **Bundle Protocol over Saratoga with proactive fragmentation** 25 August 2008.

*TIME Magazine* best inventions of the year #9 **Orbital Internet**, 10 November 2008 issue.

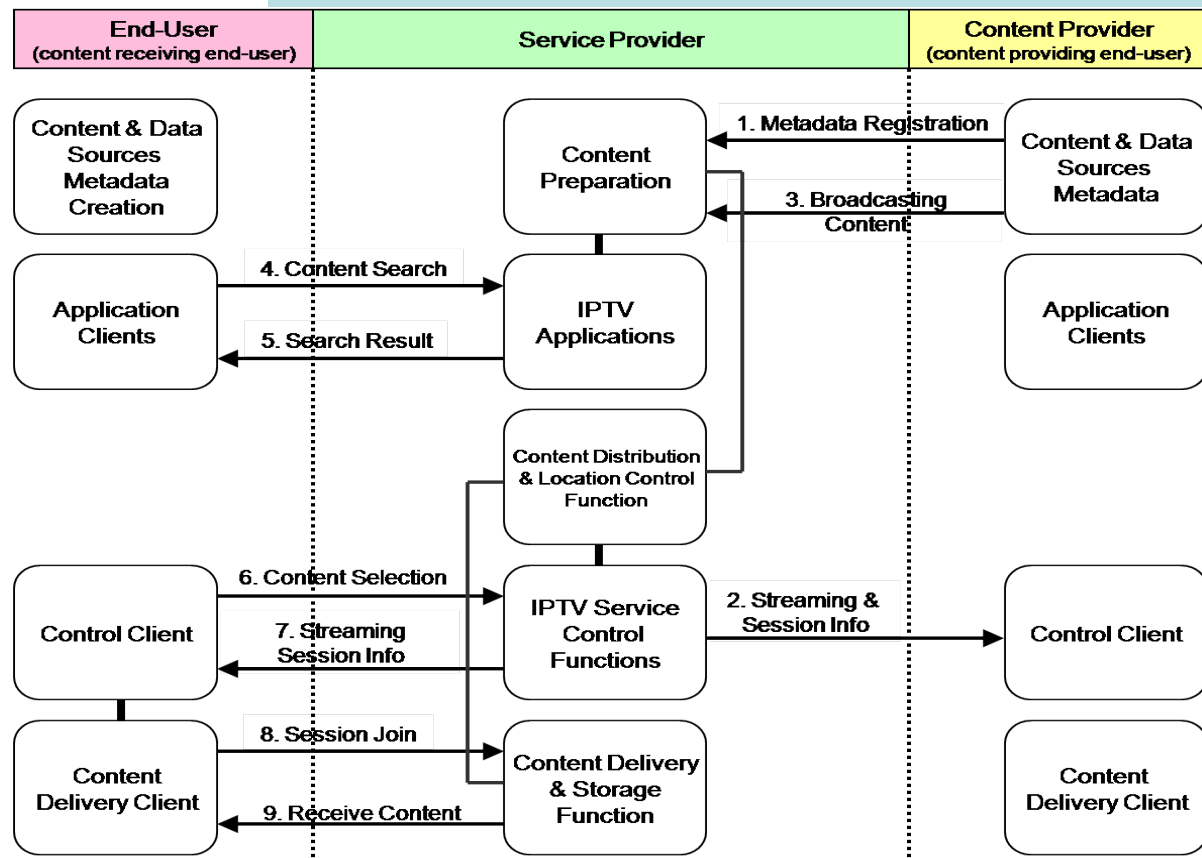


# 활용 시나리오 예 (3/4)

## ■ IPTV services in ITU-T Y.1900-series Supplement 5

- Distributed content services
- Public interest services
- Session mobility service
- ...

### Use case of personal broadcast service



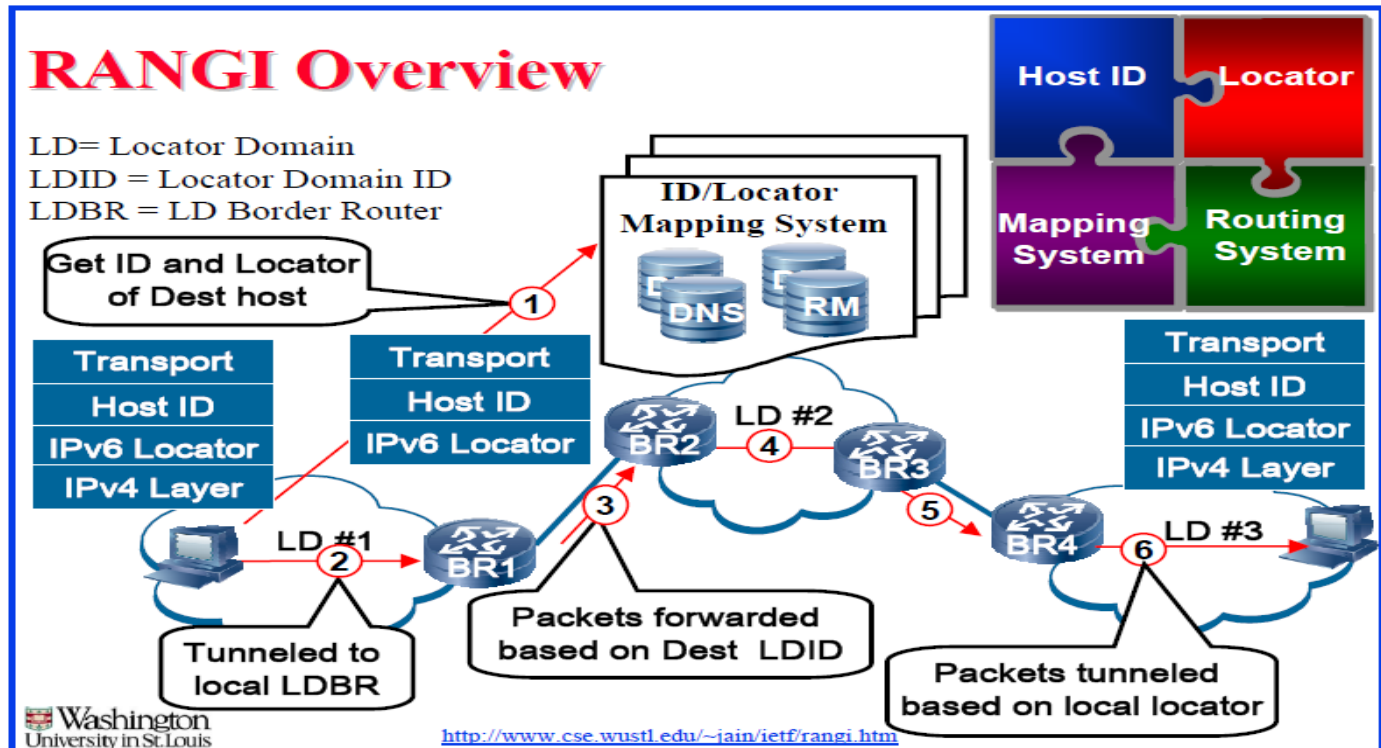
# 활용 시나리오 예 (4/4)

## Routing research group (IRTF)

- 현재 인터넷의 라우팅 및 주소지정방식 구조가 직면한 확장성, 이동성, 멀티호밍, 도메인간 트래픽 엔지니어링 문제를 해결하기 위한 새로운 라우팅 및 주소지정방식 구조를 모색하고 host identifier와 locator 정보를 분리하는 구조적 대안을 연구
- 사례: Routing Architecture for the Next Generation Internet (RANGI)

## 기타: FIND

## 프로젝트들



I

개요

II

GENI 관리 및 제어

III

ETRI 미래인터넷 플랫폼

IV

GENI 관리 및 제어의 플랫폼 적용

V

고려사항

# 고려사항

---

- GENI 로드맵과 제안과제 일정의 관계
- 이상(지향점)과 표준화 그리고 플랫폼 개발 부분의 조화
- 제안과제의 실행 가능한 연구 범위의 재조정 및 개발 시나리오 선정
- PlanetLab의 풍부한 틀셋을 제안과제에서 활용하는 방안
- 활용 시나리오의 간단한 샘플 선정과 구체적 실험 절차의 적용

IT R&D Global Leader

**ETRI**

**감사합니다**

**(Q & A)**

[www.etri.re.kr](http://www.etri.re.kr)