

개방형 모바일 네트워크 테스트베드

2013. 12.17



- 연구 목표
- 연구 수행 내용
- 세부 연구 수행 내용
- KOREN 적용 시나리오
- 결론

1. 연구목표

- 2. 연구 수행 내용
- 3. 세부 연구 수행 내용
- 4. KOREN 적용 시나리오
- 5. 결론

연구 목표

■ 오픈소스 소프트웨어 기반 모바일네트워크 플랫폼 개발 및 테스트베드 구축

- 오픈소스 기반 WiFi 네트워크 플랫폼 구축
- 오픈소스 기반 3GPP 액세스 네트워크 플랫폼 구축
- 오픈소스 기반 3GPP 코어 네트워크 구축
- 오픈소스 기반 SDN 네트워크 제어관리 환경 구성
- 오픈소스 기반 클라우드 제어관리 환경 구성
- 오픈소스 기반 개방형 모바일네트워크 시큐리티 프레임워크 설계

■ 모바일 네트워크 커뮤니티 형성 및 협력 실증시험

- MVNO 구현 및 모바일네트워크 플랫폼 기반 실증 시험
- EFN(Enterprise Femtocell Network) 에뮬레이터 구현 및 모바일 네트워크 플랫폼 기반 실증 시험
- 실증 시험을 위한 커뮤니티 형성

개방형 모바일 네트워크 테스트베드 기술 실증시험

RFP 요구사항

- 개방형 프로그램 기반 WLAN, 3GPP Access, 3GPP Core, IP 네트워크, SDN 제어환경, 클라우드 제어환경 구현
- MVNO/EFN 구현 및 모바일네트워크 플랫폼 기반 실증 시험
- 국내외 5개 이상을 대상으로 실증 시험을 위한 커뮤니티를 형성

연구수행

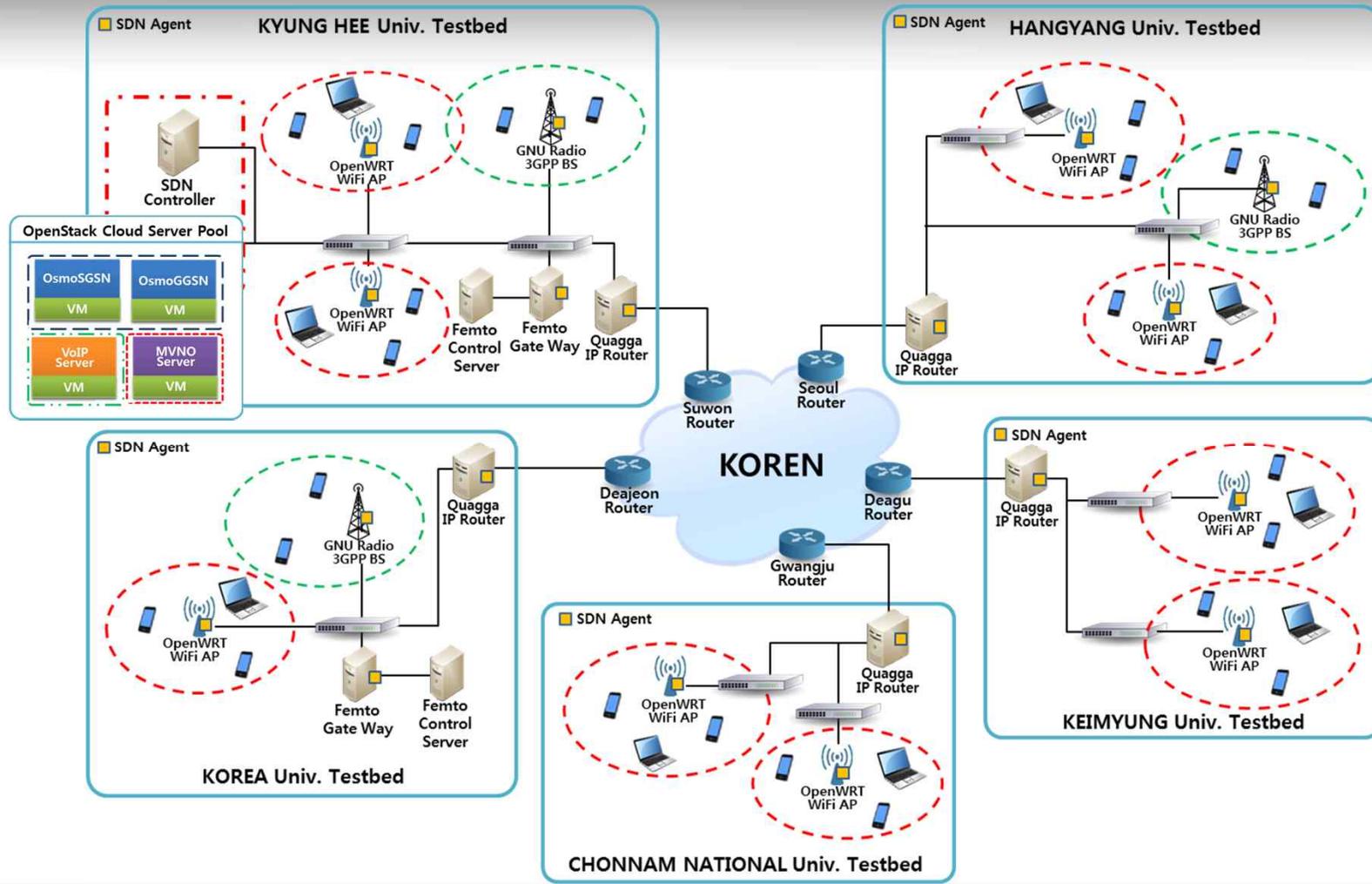
- 오픈소스 기반 WiFi 네트워크 플랫폼 구축
- 오픈소스 기반 3GPP 액세스 네트워크 플랫폼 구축
- 오픈소스 기반 3GPP 코어 네트워크 구축
- 오픈소스 기반 SDN 네트워크 제어 환경 구성
- 오픈소스 기반 클라우드 제어 환경 구성
- 오픈소스 기반 개방형 모바일네트워크 시큐리티 프레임워크 설계
- MVNO 구현 및 모바일네트워크 플랫폼 기반 실증 시험
- EFN(Enterprise Femtocell Network) 에뮬레이터 구현 및 모바일 네트워크 플랫폼 기반 실증 시험
- 실증 시험을 위한 커뮤니티 형성 (경희대, 고려대, 전남대, 계명대, 한양대, (주)바른기술)

개방형 모바일 네트워크 테스트베드 기술 실증시험

관련 연구 및 차별화 방안

- EU의 FI-PPP 및 FP7 모바일 클라우드 네트워킹 프로젝트에서는 OpenEPC를 적용하여 모바일 네트워크 테스트베드를 구축 중
- NSF의 FIA프로젝트의 하나인 Rutgers Univ.의 MobilityFirst 프로젝트는 이종 네트워크환경에서 이동성을 지원하는 프레임워크를 구축 중
- 본 연구에서 제안하고 구축예정인 오픈소스 네트워킹 프로그램을 활용한 **무선/IP네트워크 /서비스 플랫폼(Cloud Service)의 E2E 환경을 구축하고, SDN 기반의 네트워크 Controller 를 구현하여 모바일네트워크의 동적 제어환경을 구현함으로써 발전된 방향의 종합적인 모바일 네트워크 제어관리 환경 구현 측면에서 차별성이 있음**
- 현재 관심이 집중되고 있는 **EFN 환경에서 FGW에 전송된 모바일 트래픽을 미리 정해진 정책에 따라 MNO 코어망과 SDN 기반 IP네트워크 중에서 선택하여 전송하는 기술 구현**
- 실질적으로 사용 가능한 **오픈소스 소프트웨어기반의 개방형 모바일네트워크 플랫폼 테스트베드를 구축하여 B4G나 MVNO와 같은 이동통신 기술 연구의 기틀 마련**

오픈소스 소프트웨어 기반 개방형 모바일네트워크 테스트베드 구성도

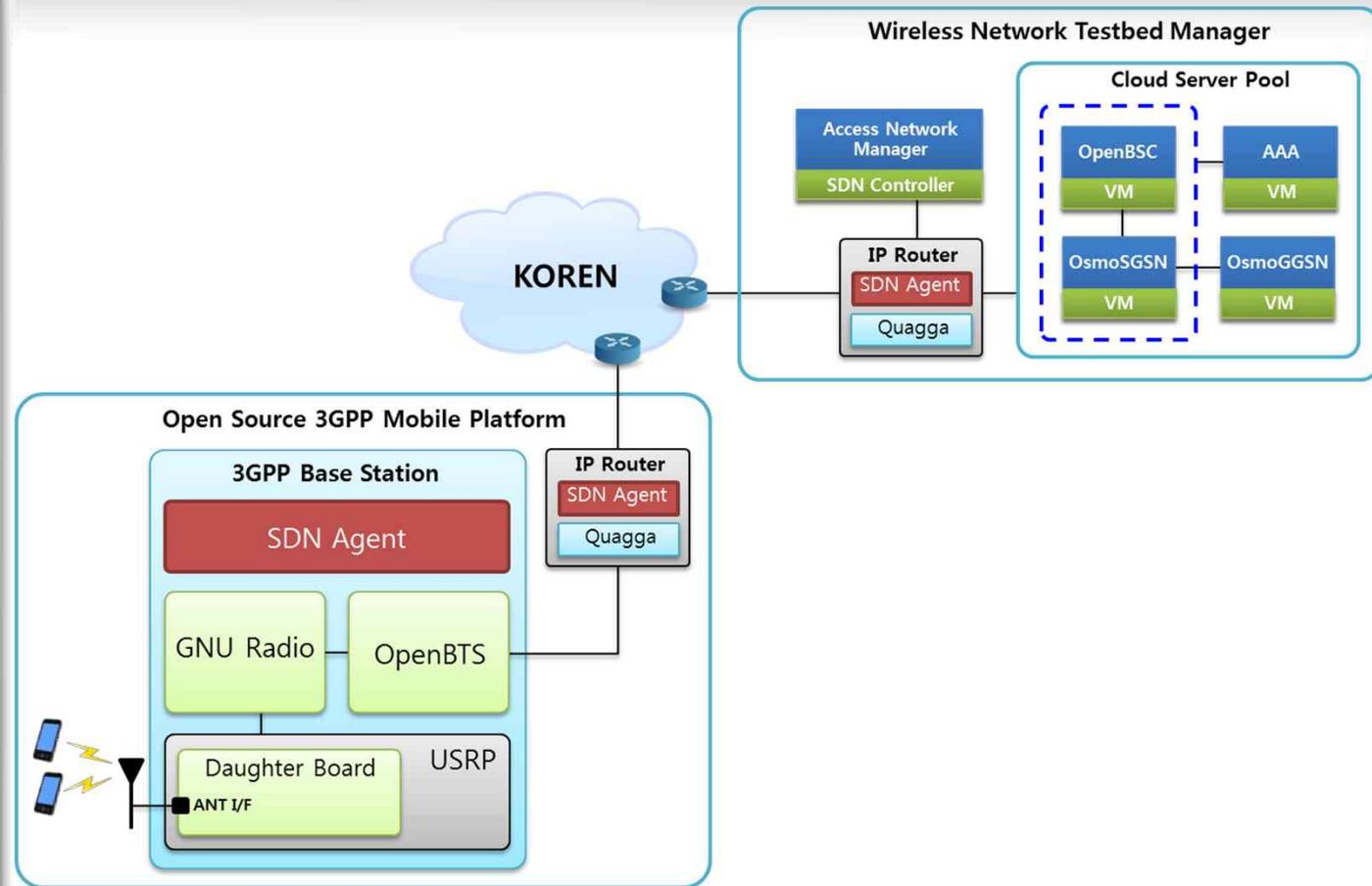


연구 수행 내용

3GPP 액세스 네트워크 플랫폼 구축

- USRP 및 OpenBTS를 이용한 BS 구축
- Quagga 기반 IP Router 구축
- USRP 및 OpenBTS 기반 BS와 오픈소스 기반 3GPP 코어 네트워크 컴포넌트 간의 통신을 위한 프로토콜 정의 및 구현
- SDN Controller를 위한 API 정의 및 구현
- SDN Agent 설계 및 구현

오픈소스 기반 3GPP 액세스 네트워크 플랫폼 구축 및 코어 네트워크와 연동

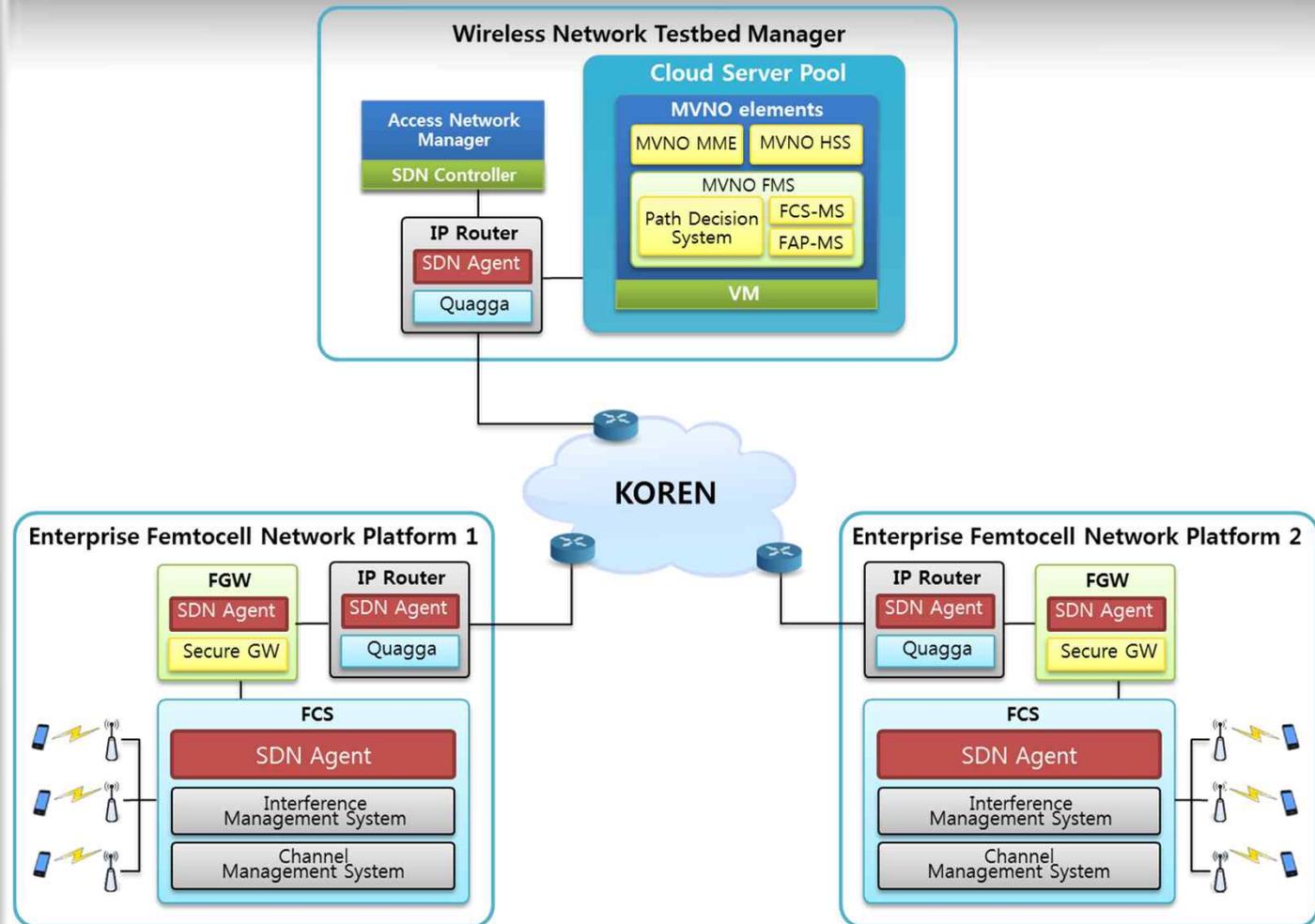


연구 수행 내용

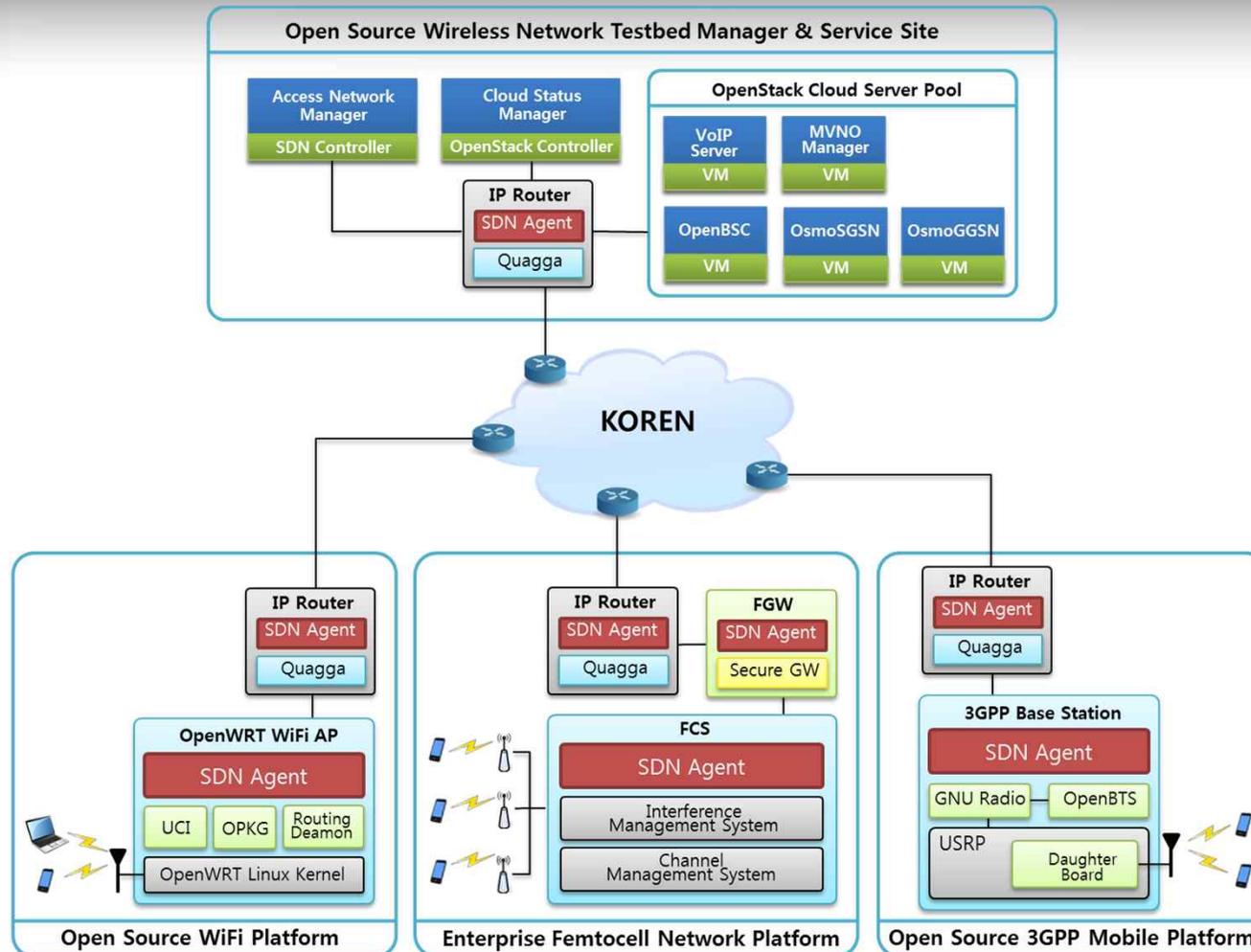
MVNO 서비스 연구

- SDN 기반 미래인터넷에서 EFN 모바일 트래픽 특성에 따라 우회(분산)시키는 MVNO 서비스를 위한 테스트 베드 구축
- MVNO 서비스를 제공하기 위한 진화된 아키텍처 설계
- EFN 간섭제어 및 MVNO 서비스를 위한 가상망 자원관리 방법 연구
- MVNO 서비스를 위한 테스트 베드 구축 및 제안하는 성능 향상 방법 분석

MVNO 서비스를 위한 시스템 구축환경



오픈소스 소프트웨어 기반 개방형 모바일네트워크 컴포넌트 구성도

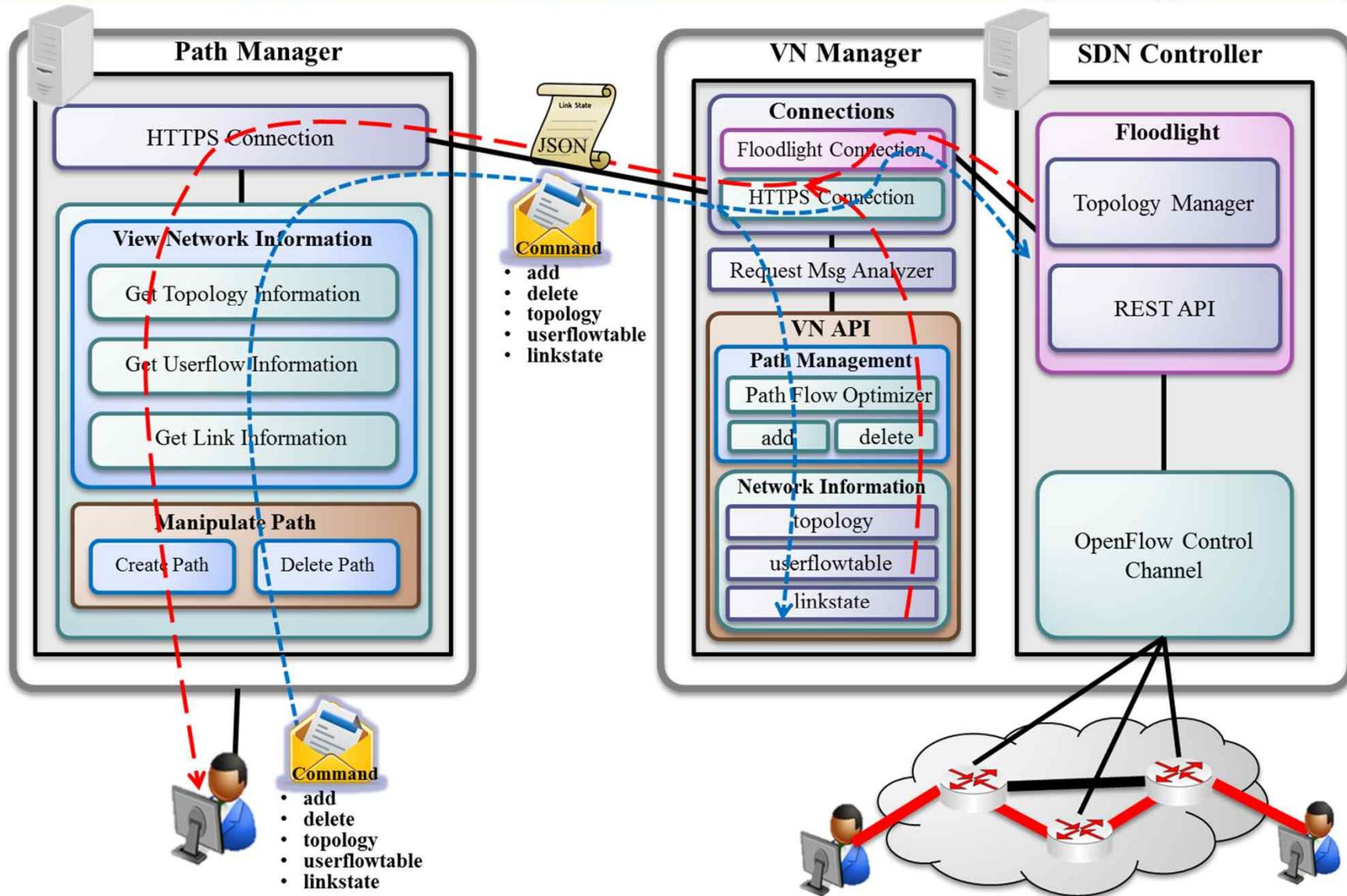


- 
1. 연구 목표
 2. 연구 수행 내용

3. 세부 연구 수행 내용

4. KOREN 적용 시나리오
5. 결론

SDN 기반 네트워크 제어환경 구축

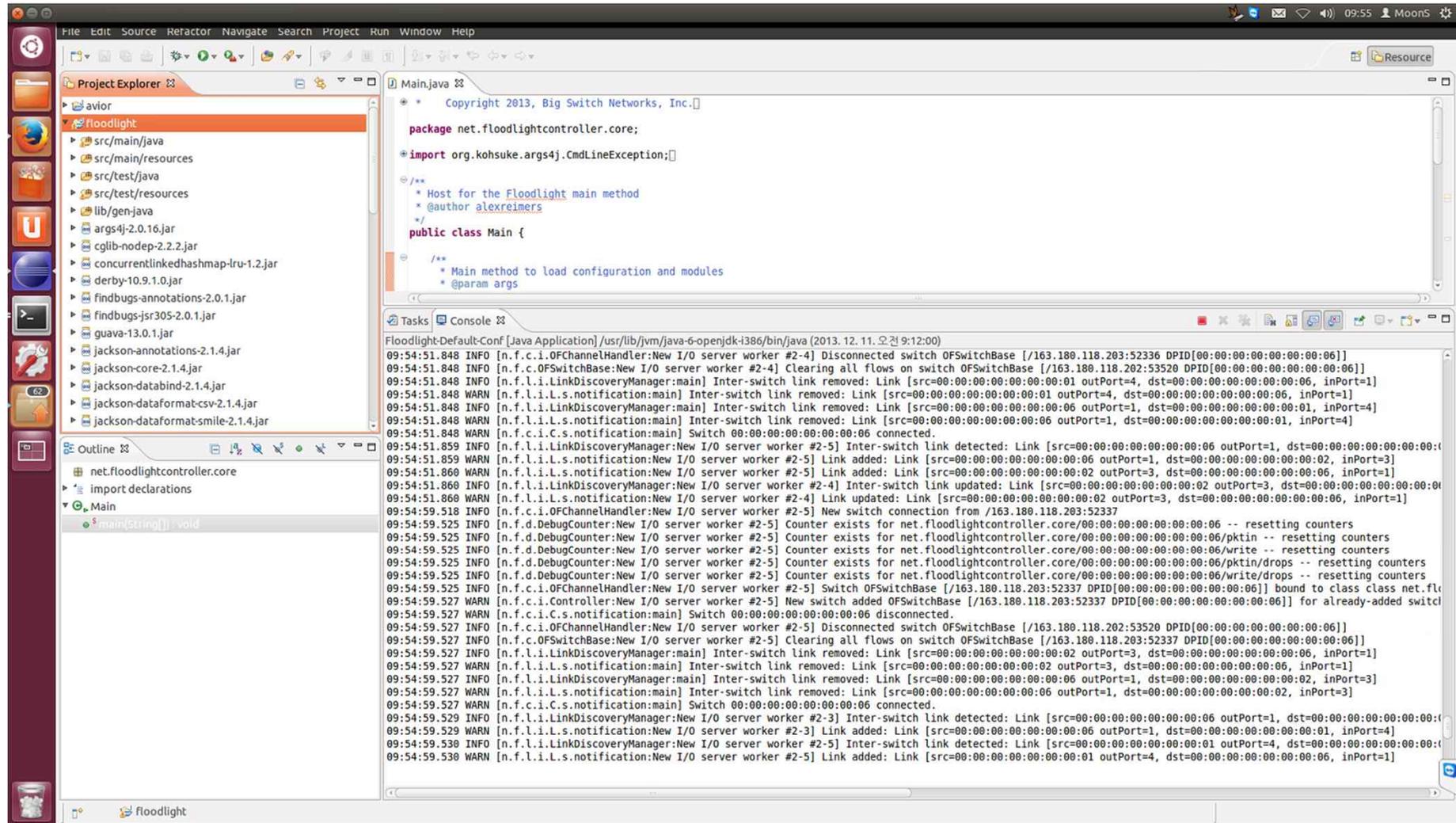


OpenFlow 기반 네트워크 제어 프레임워크 구조도

SDN 기반 네트워크 제어환경 구축 : 개발환경

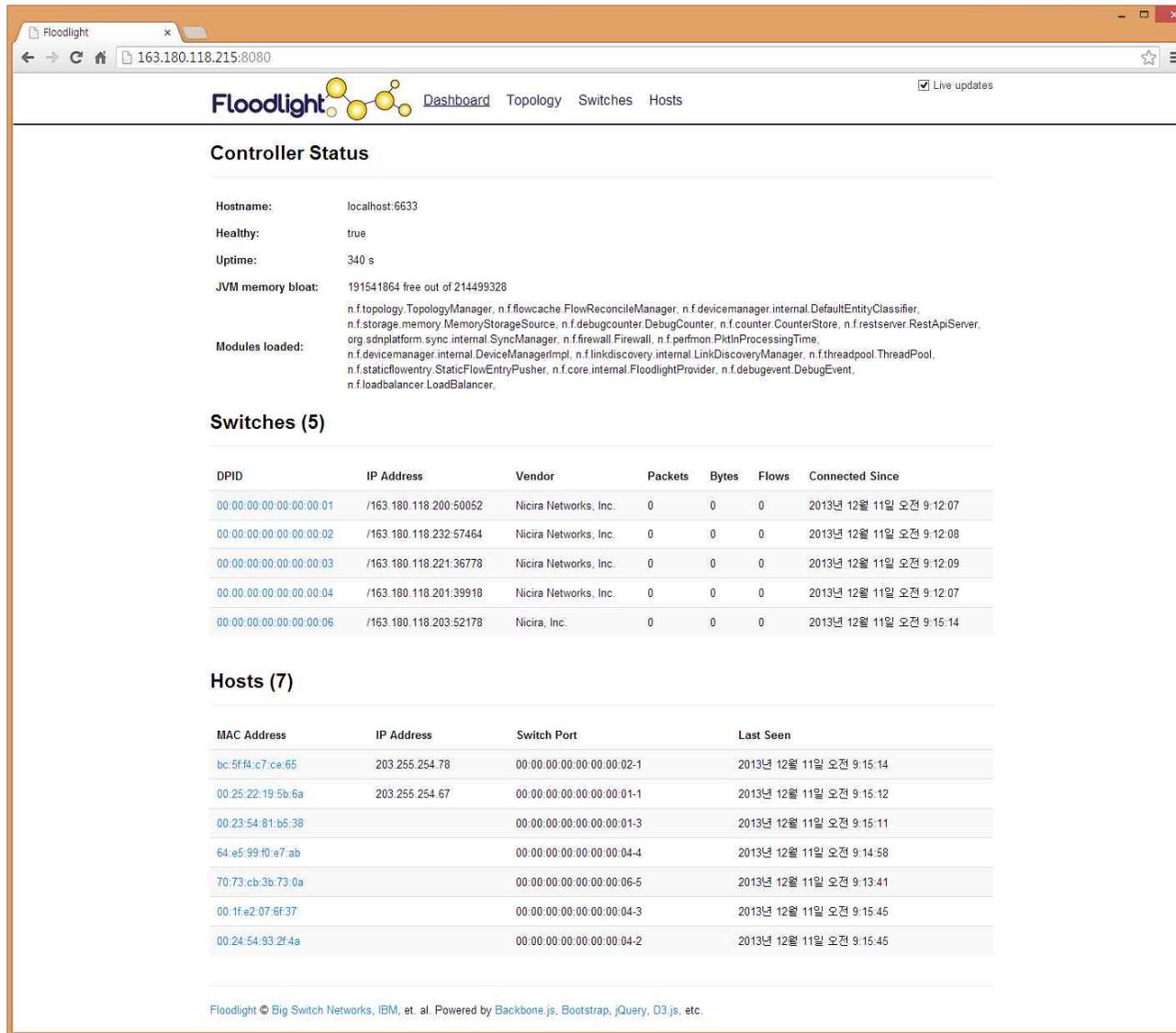
- Ubuntu 12.04 (개발 환경의 기본 운영체제)
- Floodlight version 0.90 (REST API 제공)
- Eclipse IDE v.3.7.2
- Java v.1.7 (Floodlight Component와 연결하여 사용자 요구 분석 및 데이터 가공하고 제공함)
- Apache tomcat v.7.0(HTTP/HTTPS 통신 지원)

SDN 기반 네트워크 제어환경 구축 : Floodlight 개발 환경



Floodlight 기반 SDN 컨트롤러 개발 환경

SDN 기반 네트워크 제어환경 구축 : Floodlight 동작



The screenshot displays the Floodlight web interface in a browser window. The address bar shows the URL 163.180.118.215:8080. The interface includes a navigation menu with 'Dashboard', 'Topology', 'Switches', and 'Hosts'. A 'Live updates' checkbox is checked. The main content area is divided into three sections: 'Controller Status', 'Switches (5)', and 'Hosts (7)'. The 'Controller Status' section provides details about the controller's hostname, health, uptime, and loaded modules. The 'Switches (5)' section contains a table with columns for DPID, IP Address, Vendor, Packets, Bytes, Flows, and Connected Since. The 'Hosts (7)' section contains a table with columns for MAC Address, IP Address, Switch Port, and Last Seen.

Controller Status

Hostname: localhost:6633
Healthy: true
Uptime: 340 s
JVM memory bloat: 191541864 free out of 214499328
Modules loaded: n.f.topology.TopologyManager, n.f.flowcache.FlowReconcilerManager, n.f.devicemanager.internal.DefaultEntityClassifier, n.f.storage.memory.MemoryStorageSource, n.f.debugcounter.DebugCounter, n.f.counter.CounterStore, n.f.restserver.RestApiServer, org.sdnpatform.sync.internal.SyncManager, n.f.firewall.Firewall, n.f.pafmon.PafmonProcessingTime, n.f.devicemanager.internal.DeviceManagerImpl, n.f.linkdiscovery.internal.LinkDiscoveryManager, n.f.threadpool.ThreadPool, n.f.staticflowentry.StaticFlowEntryPusher, n.f.core.internal.FloodlightProvider, n.f.debugevent.DebugEvent, n.f.loadbalancer.LoadBalancer.

Switches (5)

DPID	IP Address	Vendor	Packets	Bytes	Flows	Connected Since
00:00:00:00:00:00:00:01	/163.180.118.200:50052	Nicira Networks, Inc.	0	0	0	2013년 12월 11일 오전 9:12:07
00:00:00:00:00:00:00:02	/163.180.118.232:57464	Nicira Networks, Inc.	0	0	0	2013년 12월 11일 오전 9:12:08
00:00:00:00:00:00:00:03	/163.180.118.221:36778	Nicira Networks, Inc.	0	0	0	2013년 12월 11일 오전 9:12:09
00:00:00:00:00:00:00:04	/163.180.118.201:39918	Nicira Networks, Inc.	0	0	0	2013년 12월 11일 오전 9:12:07
00:00:00:00:00:00:00:06	/163.180.118.203:52178	Nicira, Inc.	0	0	0	2013년 12월 11일 오전 9:15:14

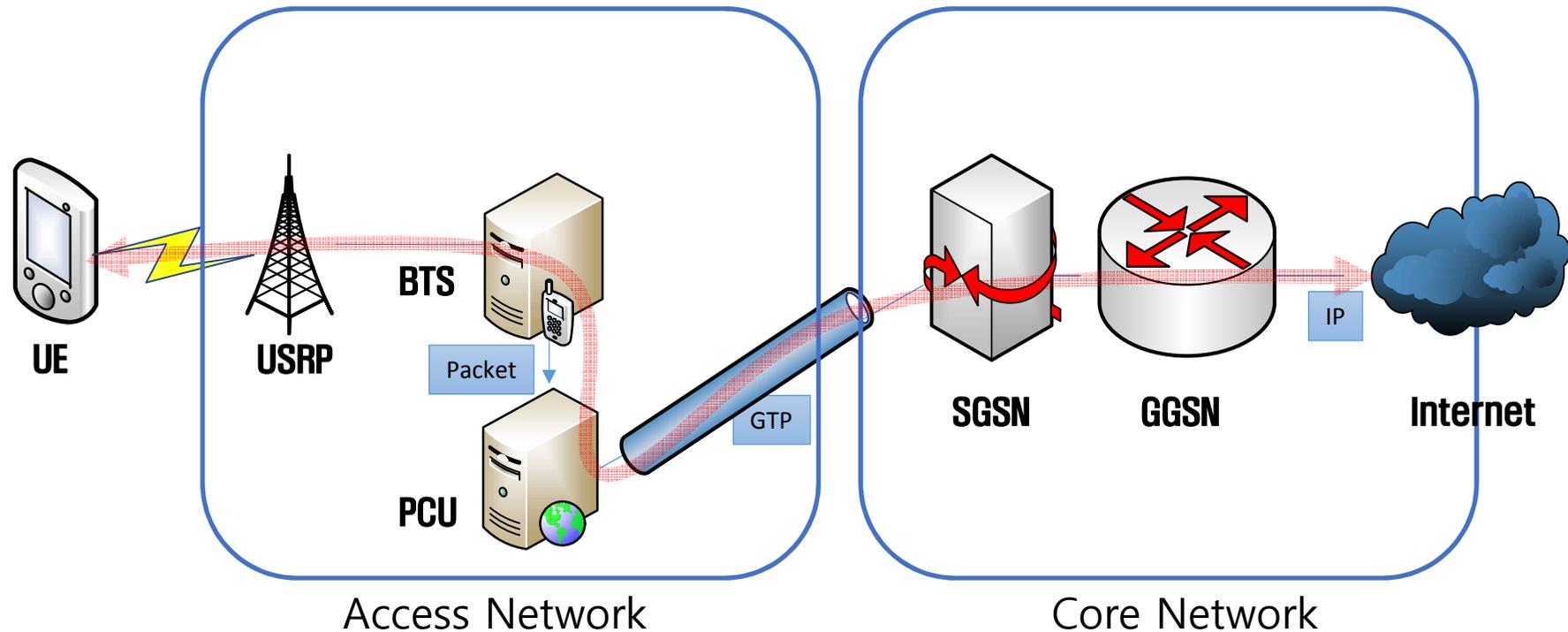
Hosts (7)

MAC Address	IP Address	Switch Port	Last Seen
bc:5f:f4:c7:ce:65	203.255.254.78	00:00:00:00:00:00:00:02-1	2013년 12월 11일 오전 9:15:14
00:25:22:19:5b:6a	203.255.254.67	00:00:00:00:00:00:00:01-1	2013년 12월 11일 오전 9:15:12
00:23:54:81:b5:38		00:00:00:00:00:00:00:01:3	2013년 12월 11일 오전 9:15:11
64:e5:99:f0:e7:ab		00:00:00:00:00:00:00:04:4	2013년 12월 11일 오전 9:14:58
70:73:cb:3b:73:0a		00:00:00:00:00:00:00:06:5	2013년 12월 11일 오전 9:13:41
00:1f:e2:07:6f:37		00:00:00:00:00:00:00:04:3	2013년 12월 11일 오전 9:15:45
00:24:54:93:2f:4a		00:00:00:00:00:00:00:04:2	2013년 12월 11일 오전 9:15:45

Floodlight © Big Switch Networks, IBM, et. al. Powered by Backbone.js, Bootstrap, jQuery, D3.js, etc.

Floodlight을 통해 제어되고 있는 OpenFlow 네트워크

3GPP Cellular 네트워크 구축 : Cellular 네트워크 구성도

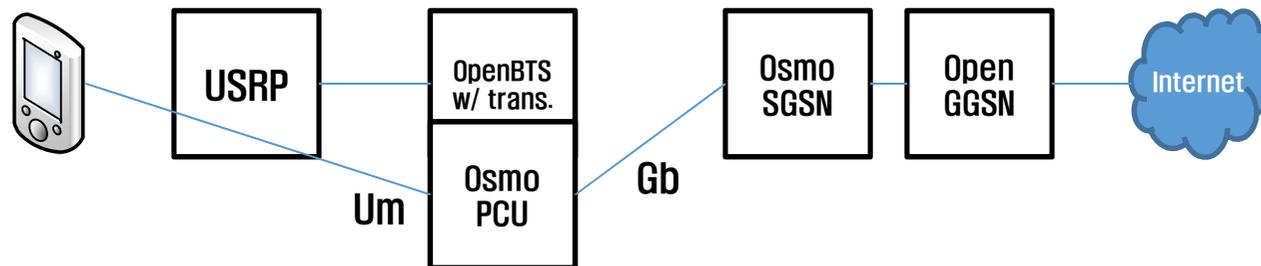


UE: User Equipment
USRP: Universal Software Radio Peripheral
BTS: Base Transceiver Station
PCU: Packet Control Unit

GTP: GPRS Tunneling Protocol
SGSN: Serving GPRS Support Node
GGSN: Gateway GPRS Support Node

3GPP Cellular 네트워크 구축 : USRP + Osmo

- **BTS(Base Transceiver Station)** : BTS를 통해 이동 단말기가 이동통신망에 연결; 채널 코딩/디코딩, 암호/복호화 등을 수행
- **PCU(Packet Control Unit)** : 패킷 데이터를 처리; 음성/데이터신호를 위한 채널할당이 BTS에서 이루어진 후 PCU에서 해당 채널에 대한 관리를 담당
- **SGSN(Serving GPRS Support Node)** : 무선 액세스망과 정합되어 패킷 세션 처리/관리, 이동성 관리 기능을 담당; 단말기를 인증/액세스 제어하고 암호 및 압축, 이동성 관리(위치 추적), 과금 및 통계를 수행
- **GGSN(Gateway GPRS Support Node)** : 세션 및 이동성 관리 기능을 담당하는 GPRS 패킷 망의 게이트웨이 노드로서, 외부 IP 네트워크와의 인터페이스를 관리

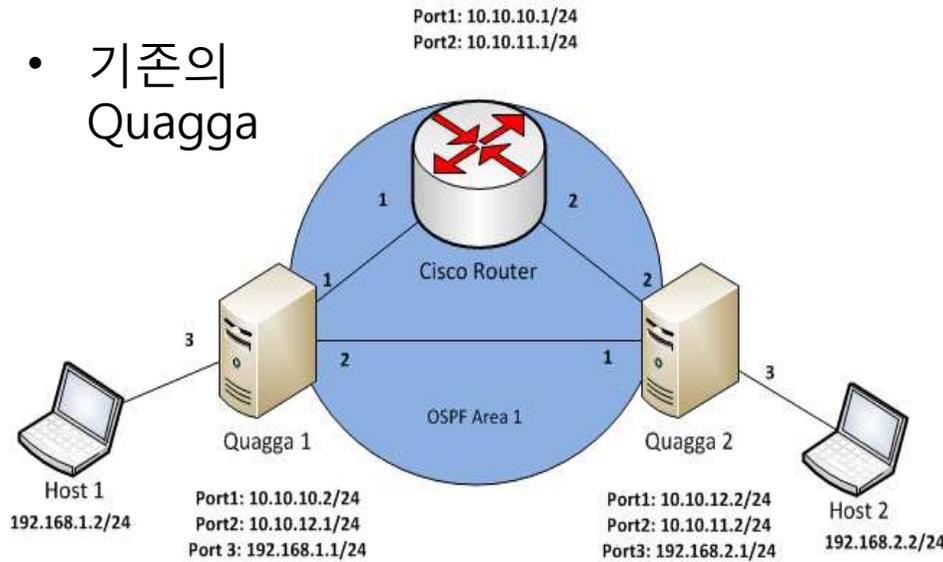


Osmocom Project: Open Source Mobile Communications
GSM, DECT등의 이동통신 표준 구현을 위한 오픈소스 프로젝트들의 집합

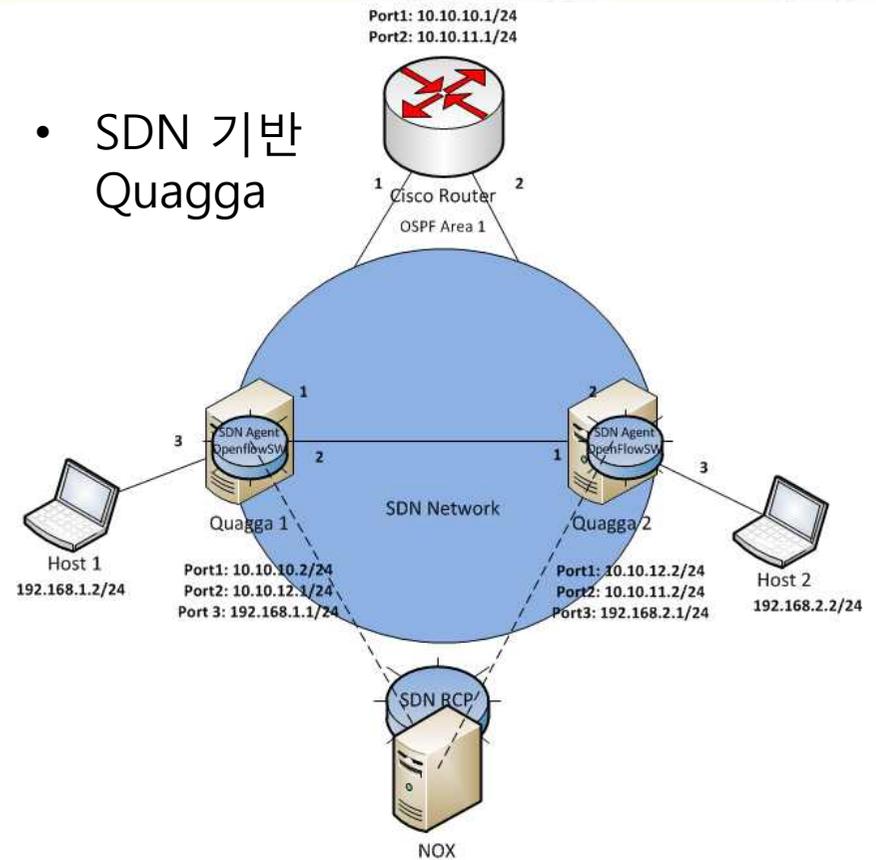
- OpenStack 설치 환경
 - OS : Ubuntu 12.04.2 LTS Server
 - OpenStack : Grizzly 버전
- Controller/Compute 노드 클러스터 구성
 - Controller 노드는 인터넷에 연결되어 Public 접근 가능
 - ✓ SSH 접속, CLI 통해 원격 관리 가능
 - ✓ Web UI 기반 원격 VM 생성/관리 가능
 - Compute 노드 추가 기능

Quagga IP 라우터 구축 : SDN 기반 Quagga IP 라우터

- 기존의 Quagga



- SDN 기반 Quagga



- 기존의 Quagga를 SDN 기반의 Quagga로 개발하기 위해 가상 시나리오를 구성하여 실험을 수행
- 호스트 2개를 연결하는 실험 → 호스트 4개에서 서로간의 Routing하는 실험으로 확장

Quagga IP 라우터 구축 : 연결 확인 실험



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<topology>
  <nodes>
    <node datapathid="8243406406160905843">
      <ports>
        <port hw_add="*****" name="rvm1.1" link="True" speed="10000" port_no="1" enabled="True" flood="True" state="0" curr="192" supported="0" peer="0" config="0" advertised="0"/>
        <port hw_add="*****" name="rvm1.2" link="True" speed="10000" port_no="2" enabled="True" flood="True" state="0" curr="192" supported="0" peer="0" config="0" advertised="0"/>
        <port hw_add="*****" name="dp0" link="True" speed="0" port_no="65534" enabled="True" flood="True" state="0" curr="0" supported="0" peer="0" config="0" advertised="0"/>
      </ports>
    </node>
    <node datapathid="153">
      <ports>
        <port hw_add="*****" name="b1.0" link="True" speed="10000" port_no="1" enabled="True" flood="True" state="0" curr="192" supported="0" peer="0" config="0" advertised="0"/>
        <port hw_add="*****" name="b2.0" link="True" speed="10000" port_no="2" enabled="True" flood="True" state="0" curr="192" supported="0" peer="0" config="0" advertised="0"/>
        <port hw_add="*****" name="switch1" link="True" speed="0" port_no="65534" enabled="True" flood="True" state="0" curr="0" supported="0" peer="0" config="0" advertised="0"/>
      </ports>
    </node>
  </nodes>
</topology>
```

<컨트롤러에 표시된 네트워크 토폴로지 XML메시지>



<토폴로지 구성 GUI 제공>

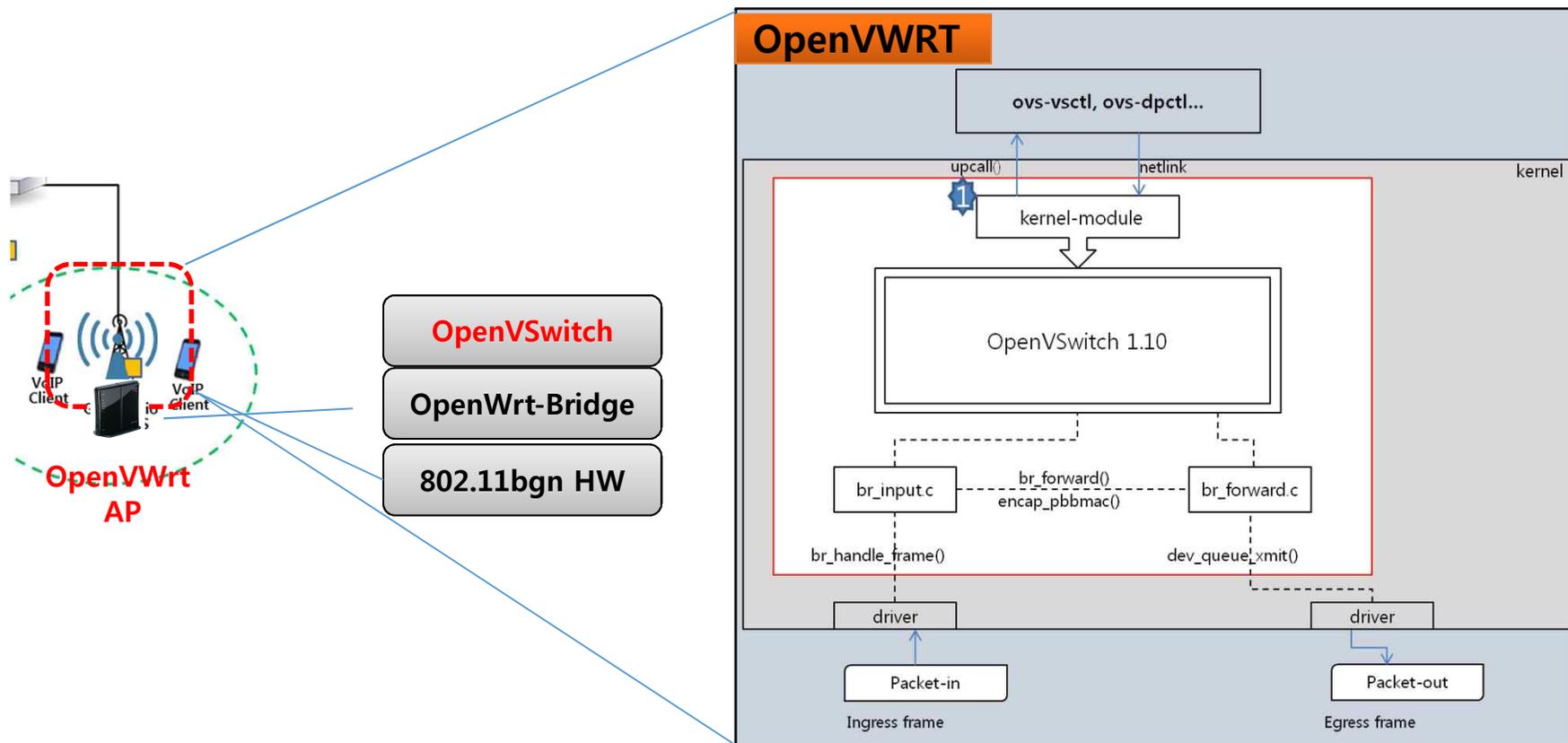
● 실험 수행 순서

- OpenvSwitch를 빌드와 인스톨을 수행 후 컨트롤러에 연결
- 컨트롤러에 연결하는 과정에서 ovssdb-server를 시작하고 데이터베이스를 초기화
- ovs-vsctl를 이용하여 브릿지를 설정하고 ovs-openflowd를 시작
- 네트워크 토폴로지에 대한 XML메시지를 볼 수 있고, GUI로 토폴로지 구성을 제공 가능

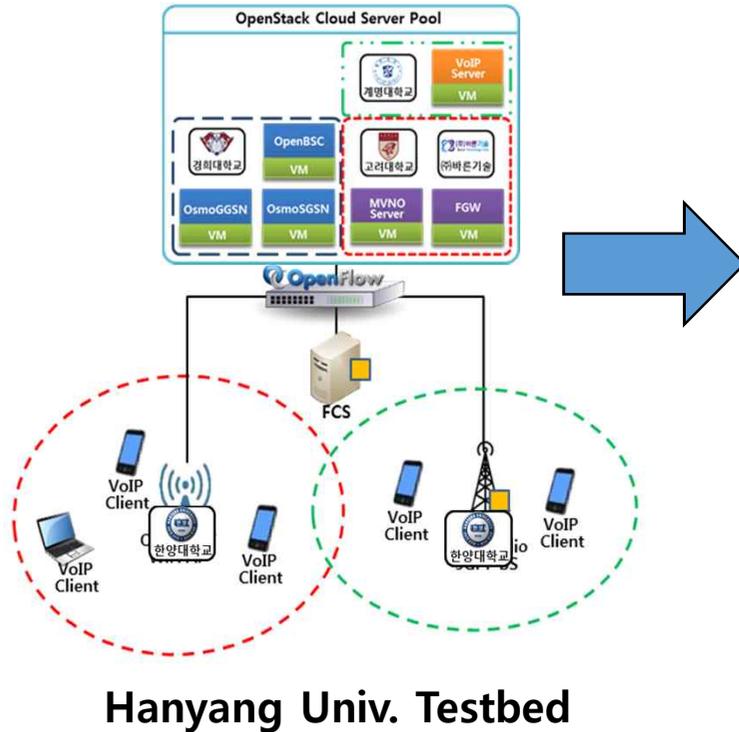
OpenWRT 기반 WLAN 환경 구축 : OpenWRT AP 구조

● OpenWrt AP software 구조

- OpenWRT AP 내부 프로세스 구성도



OpenWRT 기반 WLAN 환경 구축 : SDN Controller 연동 테스트



Floodlight Dashboard Topology Switches Hosts Live up

Switches (2)

DPID	IP Address	Vendor	Packets	Bytes	Flows	Connected Since
00:00:10:6f:3f:0e:f7:f6	/192.168.11.124:50003	MIR Lab	0	0	0	2013년 10월 16일 오전 11:34:59
00:00:10:6f:3f:0e:f5:d8	/192.168.11.123:59917	Nicira, Inc.	0	0	0	2013년 10월 16일 오후 1:44:00

Floodlight Dashboard Topology Switches Hosts

Network Topology G-TOPology

Menu Bar

Configuration Bar

Topology Info Table

ESP Setting Popup

Topology Graphic Panel

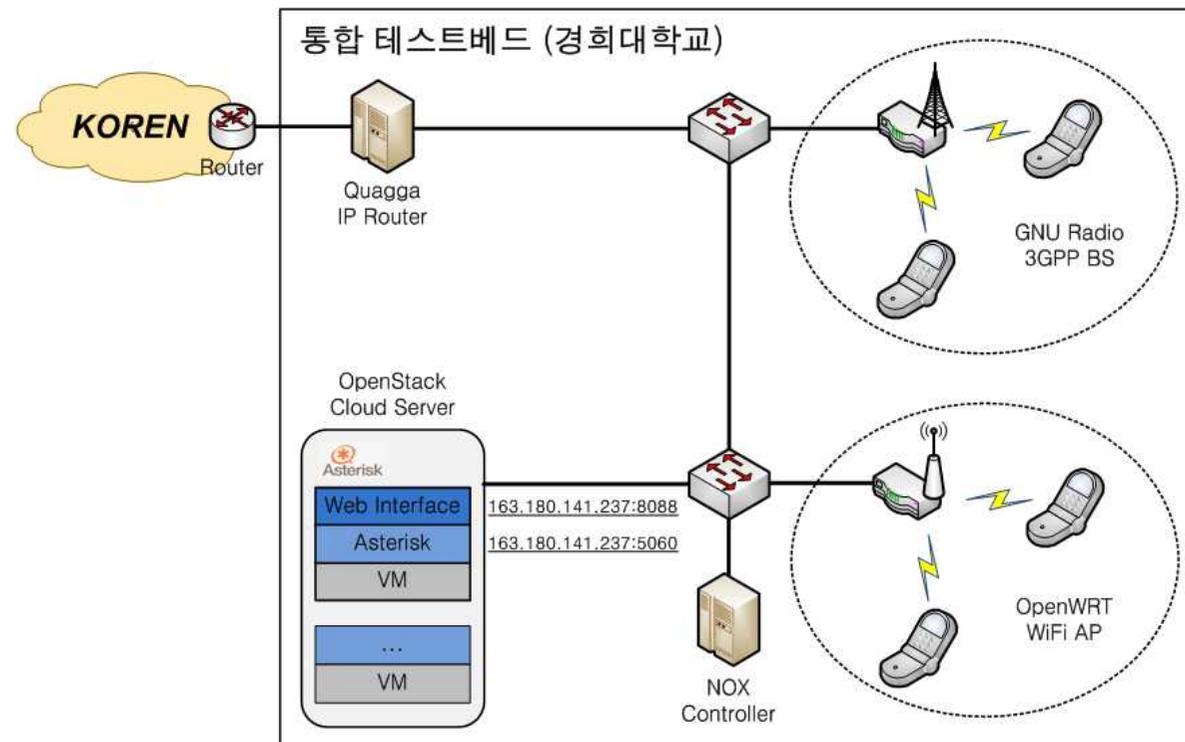
Status Bar

OpenVWrt Test

- 수행 방안 : 오픈소스 기반 VoIP 서비스 환경 구축
 - Asterisk IP PBX (Private Branch eXchange)
 - ✓ 오픈소스인 Asterisk를 사용하여 IP PBX 시스템 구축
 - ✓ 품질 측정을 통해 네트워크 환경에 따른 VoIP 음성 Codec 및 품질 관련 설정들의 적정 값 결정
 - Mobile VoIP Client: Linphone
 - ✓ Android 기반 스마트 장치 2대와 Laptop 1대에 VoIP Client를 설치하여 구축된 환경 하에서 VoIP 모바일 서비스 시험
 - ✓ 다양한 OS 플랫폼을 지원하는 오픈소스 VoIP Client인 LinPhone을 사용하여 안정적인 VoIP 서비스 동작 검증
 - Android / iOS / Ubuntu 플랫폼 테스트
 - GNU Radio 3GPP와 OpenWRT WiFi 환경에서 VoIP 서비스 동작 실험 및 검증

VoIP를 활용한 서비스 환경 구축 : VoIP 서비스 환경 구축

- 클라우드 서비스 플랫폼에 VoIP 서비스 환경 구축 완료
 - IP PBX: Asterisk 11.5.1 설치
 - VoIP Client: Linphone
 - ✓ Android 기반 Galaxy Note 10.1 / Galaxy Tab 1 / XPERIA Ray
 - ✓ Ubuntu 기반 Laptop



MVNO 서비스를 제공하기 위한 아키텍처 설계(1/2)

● MNO와 MVNO의 종류

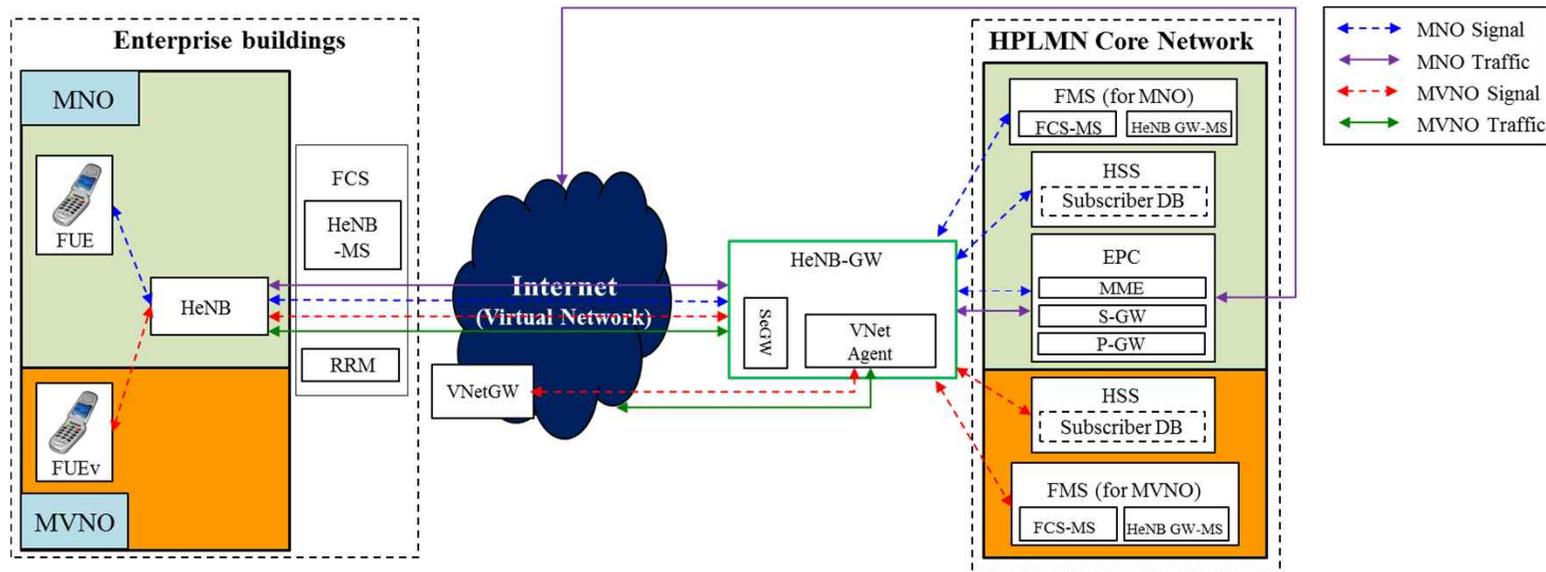
- MVNO는 MNO 로 부터 임대하는 구성요소와 개별적으로 운영하는 구성요소에 따라 아래와 같이 4가지로 구분
- Full MVNO는 Radio spectrum 제외한 나머지 모든 부분을 MVNO가 개별적으로 운영. (e.g., 대형 MVNO 사업자)
- 반면, Light MVNO 는 Radio spectrum, HLR, 그리고 MSC 등을 MNO로부터 임대하고, 나머지 구성 요소는 개별적으로 운영. (e.g., 중/소형 MVNO 사업자)
- 그 외, Service provider 와 Enhanced serv. Provider 는 아래와 같음
- **본 연구에서는 Light MVNO 구조를 고려함. (네트워크 구성요소를 공유하기 때문)**

	service provider	enhanced serv. provider	light MVNO	full MVNO
radio spectrum	MNO	MNO	MNO	MNO
home location register (HLR)	MNO	MNO	MNO	MVNO
mobile switching center (MSC)	MNO	MNO	MNO	MVNO
service platforms	MNO	MNO	MVNO	MVNO
SIM branding	MNO	MVNO	MVNO	MVNO
billing	MNO or MVNO	MVNO	MVNO	MVNO
customer care	MNO or MVNO	MNO or MVNO	MVNO	MVNO
tariff and product development	MNO	MVNO	MVNO	MVNO
brand visibility to customer	MNO	MVNO	MVNO	MVNO
customer ownership	MNO	MVNO	MVNO	MVNO

M. Balon, B. Liao, "Mobile Virtual Network Operator,"
Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS), 2012.

MVNO 서비스를 제공하기 위한 아키텍처 설계(2/2)

- MVNO 서비스를 위한 LTE기반의 기업형 펌토망 아키텍처 연구
 - EFN과 HeNB-GW 사이에서 중계역할 및 EFN을 관리하는 FCS의 기능 정의
 - SDN Agent를 이용하여 모바일 트래픽을 우회하는 HeNB-GW 기능 정의
 - MVNO 서비스를 위해 MNO 코어망에 위치한 구성요소(MVNO MME, MVNO HSS 등)들의 구체적인 역할과 동작 절차 정의



FUE: Femto User Equipment
 HeNB: Home evolved Node B
 RRM: Radio Resource Management
 FCS: Femto Control Server
 FMS: Femto Management System

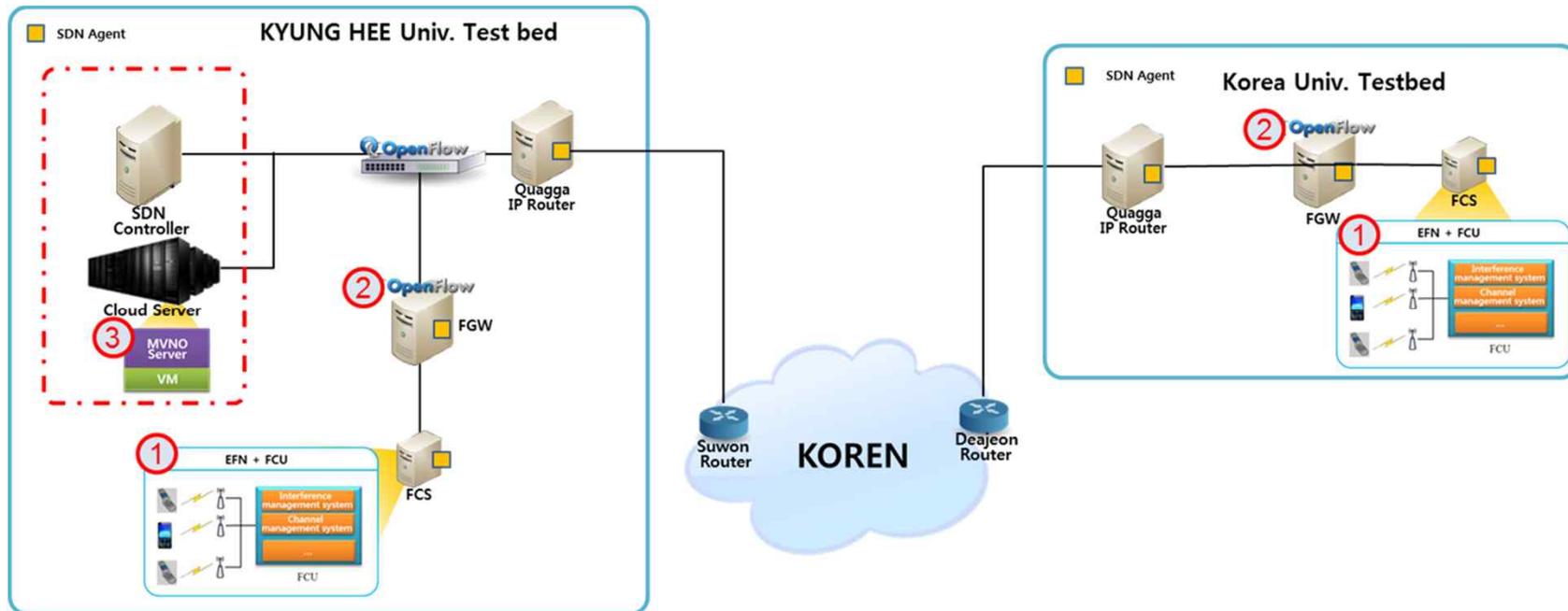
HeNB -MS: HeNB Management System
 FCS-MS : FCS Management System
 HeNB GW-MS: HeNB GateWay Management System
 HSS: Home Subscriber Server
 VNetGW: Virtual Network GataWay

EPC: Evolved Packet Core
 MME: Mobility Management Entity
 S-GW: Serving Gateway
 P-GW: PDN(Packet Data Network) Gateway

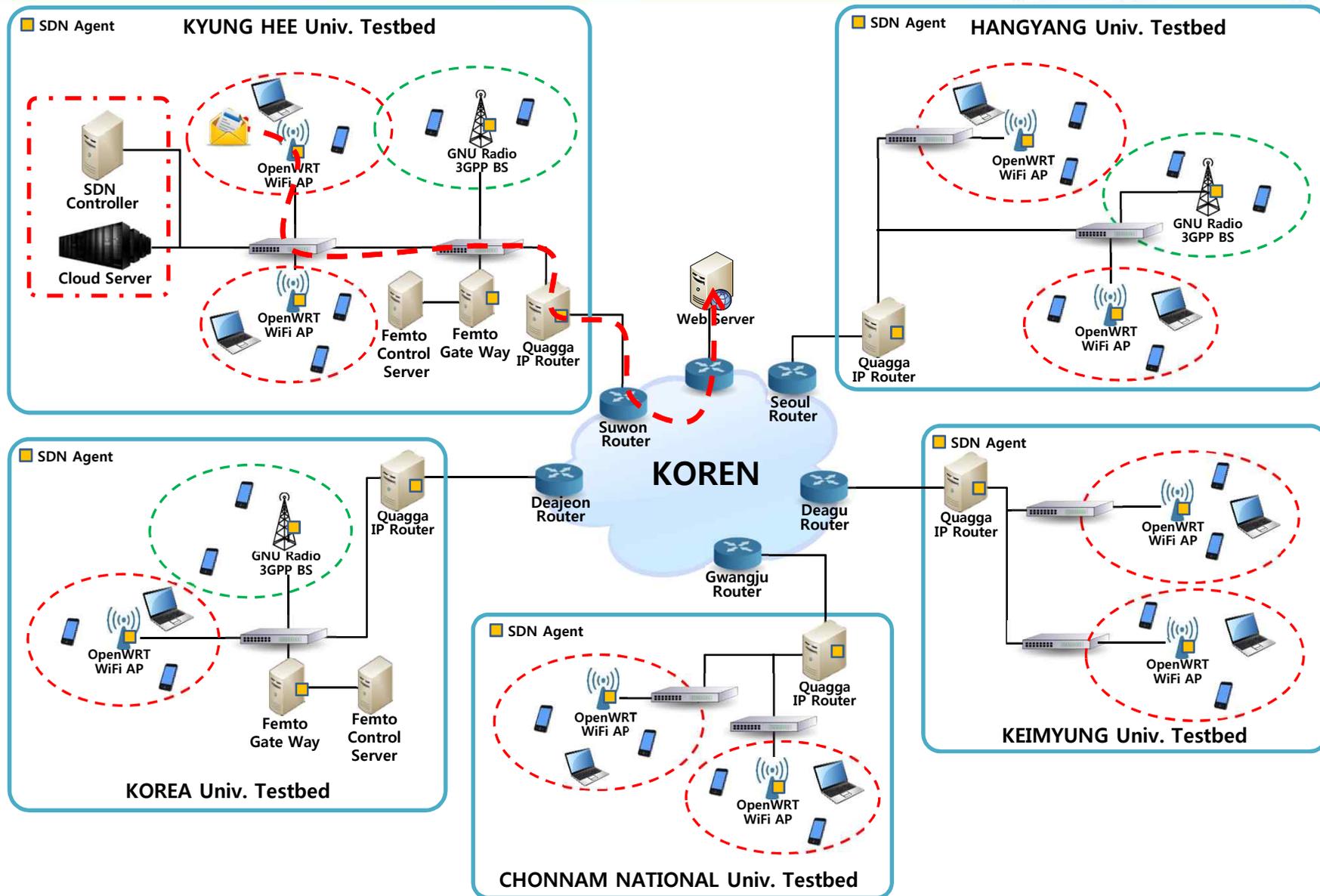
미래인터넷 가상망에서 MVNO 서비스를 위한 기업형 펌토망 아키텍처.

모바일 네트워크 기반 MVNO 서비스 구현

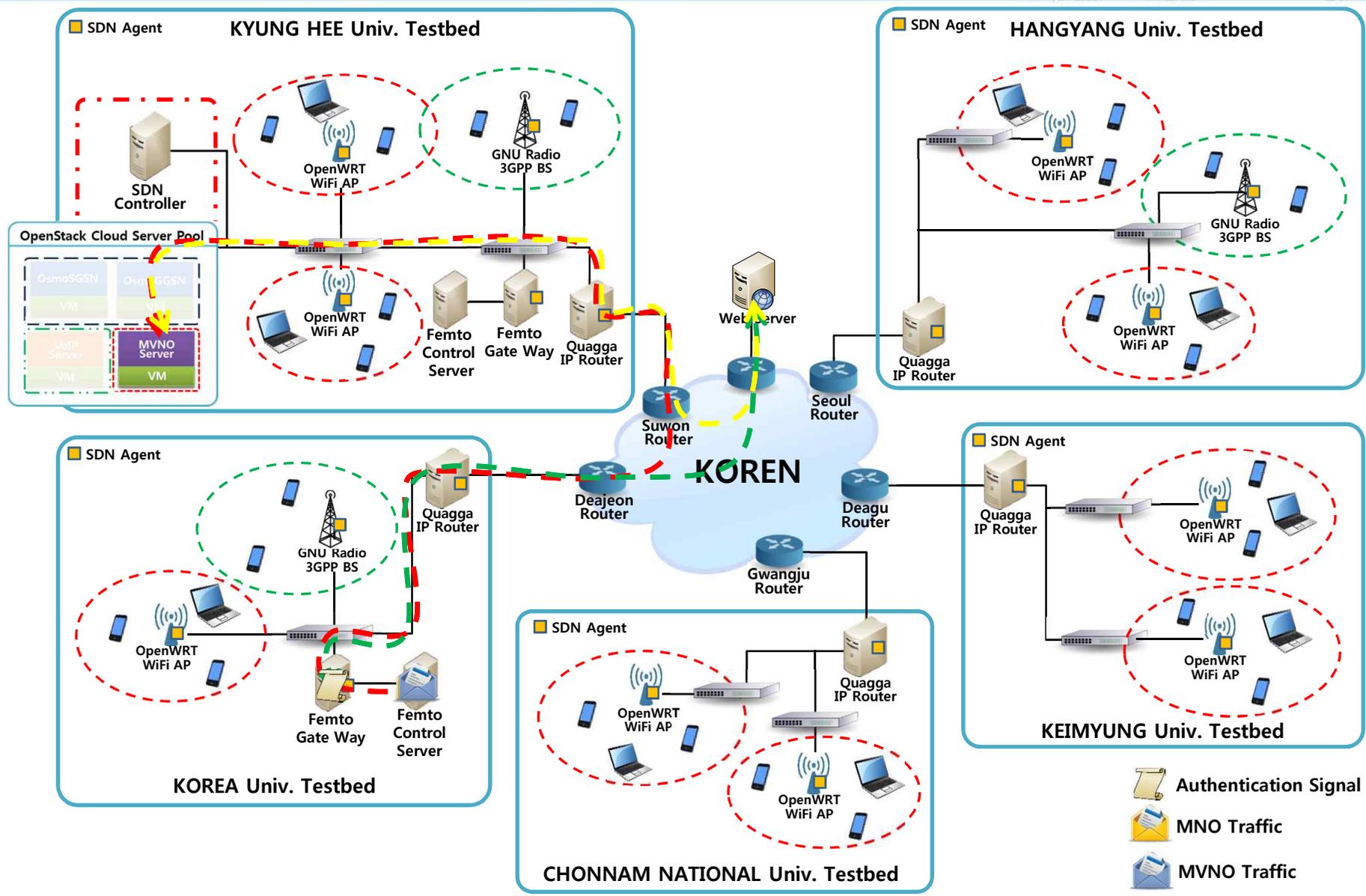
- EFN 모바일 사용자 특성에 따라 트래픽을 우회시키는 서비스를 위한 테스트베드 구축
 - 빌딩 환경에 다수의 HeNB가 설치된 EFN 환경과 무선자원관리 기능을 수행하는 FCS 에뮬레이터 개발
 - MVNO 모바일 트래픽을 우회하기 위한 SDN Controller와 연동을 통한 HeNB-GW 개발
 - 각 MVNO 서비스를 위한 MNO 에뮬레이터를 OpenStack cloud server pool 에 VM 으로 구축



KOREN 적용 시나리오 : WLAN 네트워크 연결확인



KOREN 적용 시나리오 : EFN에서의 MVNO 서비스



-  Authentication Signal
-  MNO Traffic
-  MVNO Traffic

개방형 모바일 네트워크 테스트베드

2013. 12.17



경희대학교
홍충선



5. 결론

- 본 연구를 통해 구축된 개방형 모바일 네트워크 테스트베드를 통해 그동안 진입장벽이 높았던 이동통신 분야의 다양한 연구 개발이 가능
 - 오픈소스 기반의 개방형 모바일 네트워크 및 서비스 테스트베드를 KOREN을 통하여 확보할 수 있음
 - 진입장벽이 높았던 무선통신 장비/서비스 개발/실험의 장으로 개방함으로써 산업체의 실험을 장려함
 - 그 동안 개방형 환경에서 불가능했던 이동통신 네트워크의 신규기술 연구와 실험이 가능하게 되어 이동통신 분야의 비약적인 발전을 도모할 수 있음
- 본 연구를 수행을 통해 개방형모바일 네트워크기술과 기업형 펌토셀 네트워크에서 무선 자원관리 방법에 대한 지식을 보유한 고급인력 양성 가능



Q&A

감사합니다!

