

# 미래인터넷 R&D를 위한 KOREN에서의 FIRST 플랫폼 구축

Deployment of the FiRST Platform in KOREN for the R&D of Future Internet

윤성임 (S.I. Yoon)	미래인터넷플랫폼연구팀 기술원
박한술 (H.S. Park)	미래인터넷플랫폼연구팀 선임연구원
박세형 (S.H. Park)	미래인터넷플랫폼연구팀 연구원
김영화 (Y.H. Kim)	미래인터넷플랫폼연구팀 책임연구원

## 목 차

- .....
- I . 서론
  - II . FiRST 플랫폼 개요
  - III . KOREN의 FiRST 플랫폼 구축
  - IV . 결론

\* 본 연구는 방송통신위원회의 차세대통신네트워크 원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음[KCA-2011-09913-05006].

혁신적인 아키텍처와 서비스를 검증하기 위해 대규모의 실험 설비를 갖춘 미래인터넷 테스트베드가 요구되고 있으며 이러한 연구의 일환으로, FiRST 프로젝트에서는 엄격한 자원 격리를 지원하는 네트워크 가상화 기술과 사용자가 원하는 네트워크를 쉽게 구성하도록 하는 네트워크 프로그래밍 기술을 개발하고 있다. 한편, 미래인터넷 생태계 조성을 통한 국가기술 경쟁력 확보 차원에서 KOREN 기반 미래인터넷 테스트베드 구축 사업을 진행하고 있다. 이에 따라, 본 고에서는 KOREN 연구개발 망에서 FiRST 프로젝트의 중간 결과물인 FiRST 플랫폼의 구축 과정을 기술하고자 한다.

## I. 서론

1960년 4개 연구기관(UCLA, UCSB, SRI, UTAH) 간의 연구개발 정보를 교환하기 위해 소규모의 폐쇄적인 네트워크 형태로 탄생한 인터넷은 1990년 인터넷이 상용화되면서 망사업자들이 경쟁적으로 참여하고 누구나 쉽게 접속할 수 있게 되면서 다양한 응용의 등장과 함께 비약적인 발전을 이루었으며, 현재 10억이 넘는 사람이 사용하는 광대한 네트워크로 진화하였다.

그러나, 인터넷이 확산되는 과정에서 나타난 광범위한 지역의 인터넷 불통사태, 대규모 컴퓨터의 바이러스 오염 등의 인터넷의 인프라로서의 역할 수행에 치명적인 문제점들이 지속적으로 발생하였으며, QoS 보장에 대한 요구 증대, 다양한 네트워크 간의 seamless mobility의 지원, 저작권 및 프라이버시 보호, 방송형 서비스 지원을 위한 멀티캐스트, 운영 관리 등 새로운 요구사항들이 제기되었으며 이러한 새로운 요구사항을 수용하기 위해 미래인터넷(future internet) 연구가 시작되었다[1],[2].

미래인터넷은 통신·방송·컴퓨팅·센서망이 모두 융합돼 언제 어디서나 개인 특성과 상황에 맞는 최적의 서비스를 끊임없이 주고받는 환경이다. 미래인터넷은 40여 년 전 태동한 인터넷이 가진 구조적인 한계를 해결하고 새로운 융합서비스와 다양한 단말을 수용할 수 있는 기술과 서비스로 기대를 모으고 있으며 앞서 언급된 기존 인터넷의 문제점을 해결하고 다양한 유형의 단말기와 새로운 융합서비스를 가능하게 하는 기술이자 인프라인 동시에 서비스라 할 수 있다[3].

현재 미국, 유럽, 일본 등 해외 주요 국가는 미래인터넷이 ICT 시장의 패러다임을 바꿀 것으로 보고 원천기술과 주도권 확보를 위해 노력하고 있다. 미국은

인터넷 종주국 우위를 지키고자 2013년 구축 완료 목표 4억 달러(약 4200억 원)를 투입하여 미래인터넷 기술개발을 위한 테스트베드 구축사업인 GENI를 진행하고 있으며[4], 미래인터넷 아키텍처 연구인 FIND 프로젝트를 통해 발굴된 미래인터넷 관련 기술의 핵심 결과를 토대로 미래네트워크를 설계하고자 한다. EU는 인터넷 분야의 주도권을 찾기 위해 2013년까지 7억 7000만 유로(약 1조 1600억 원)를 투자할 계획이며, FIRE 프로젝트를 중심으로 ‘미래네트워크 사회(future networked society) 건설’을 위한 종합적인 연구사업을 전개하고 있다[5]. 일본은 ‘10배 빠른 인터넷(10Gbps급)’ 구현을 목표로 2011년까지 신세대통신망(NWGN) 개발에 300억 엔(약 4000억 원)을 투입할 방침이며 2020년까지 1Gbps급 인터넷망 구축 프로젝트도 병행한다.

이후 II장에서는 현재 우리나라에서 미래인터넷 테스트베드 연구의 일환으로 개발 중인 FiRST 플랫폼에 대한 전반적인 내용을 살펴보고, III장에서는 KOREN(미래네트워크 연구시험망) 상에 FiRST 플랫폼을 구축하기 위한 과정을 설명한 다음, IV장에서는 향후 연구 계획과 결론을 기술하고자 한다.

## II. FiRST 플랫폼 개요

2009년부터 시작된 우리나라의 네트워크 가상화 연구는 FiRST 프로젝트의 일환으로, 2010년 데이터 평면에 대한 가상화 기능 개발과 제어 프레임워크 및 페더레이션 프로토타입을 개발하였으며 이러한 연구 결과는 GENI와의 국제협력 프로그램을 통해 지속적으로 발표되고 있다. 또한, 인터넷 기술의 생태계를 조성하기 위해 정부 차원에서 추진 중인 ‘KOREN 기반 미래인터넷 테스트베드 구축 사업’의 일환으로 작년 말부터 네트워크 가상화 기반 테스트베드 구축 작

업을 진행하고 있는데, legacy IP, OpenFlow, 그리고 데이터평면 가상화 기능을 우선 제공할 예정이다.

본 고에서는 현재 개발 중인 FiRST 플랫폼을 KOREN에 적용 구축한 사례를 중심으로 기술하고자 한다.

FiRST 플랫폼은 고속의 패킷처리 장비에서 통신 자원의 완전한 격리를 통해 사용자가 원하는 가상 노드를 신속하고 독립적으로 생성·제어할 수 있도록 하는 프로그래머블 네트워크 가상화 플랫폼을 지향한다.

본 플랫폼은 미래인터넷의 혁신적 서비스와 아키텍처 요소기술을 검증할 수 있는 미래인터넷 테스트베드로서의 역할을 수행할 수 있도록 H/W 플랫폼의 독립성 및 이식성을 지원하는 S/W 구조를 지향하며 가상 네트워크 간 자원 및 트래픽에 대한 격리(isolation)를 지원하고 ATCA 표준 기반 모듈을 사용하여 개발의 효율화를 제고하였다.

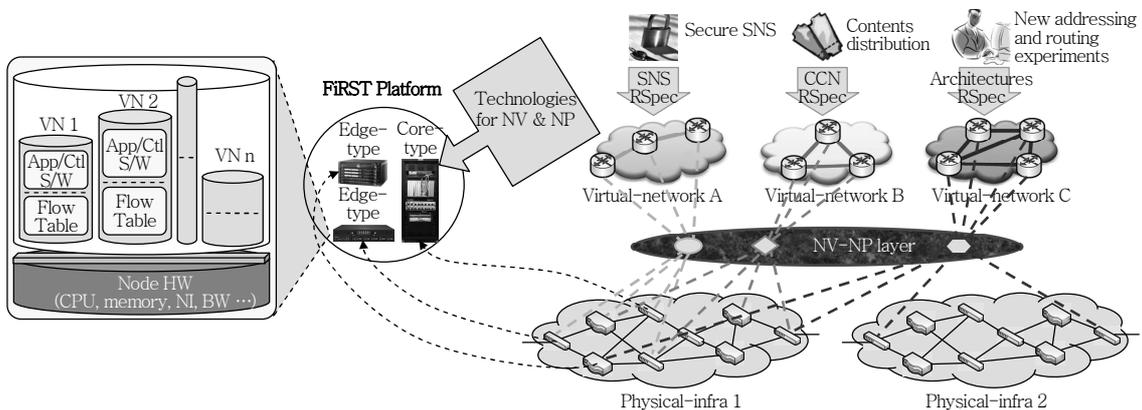
본 플랫폼의 주요 특징으로는 첫째, 제어평면 및 데이터평면의 네트워크 가상화 기술을 제공하고 둘째, 자원 격리를 통한 다양한 실험들의 독립적인 실행을 지원하고 셋째, 하드웨어 세부 사항에 대한 추상화를 통해 신규 아키텍처 및 응용을 신속하게 개발할 수 있도록 하며 넷째, 가상화 기반 라우터를 지원한다.

즉, 사용자는 엄격한 자원 격리를 지원하는 네트워

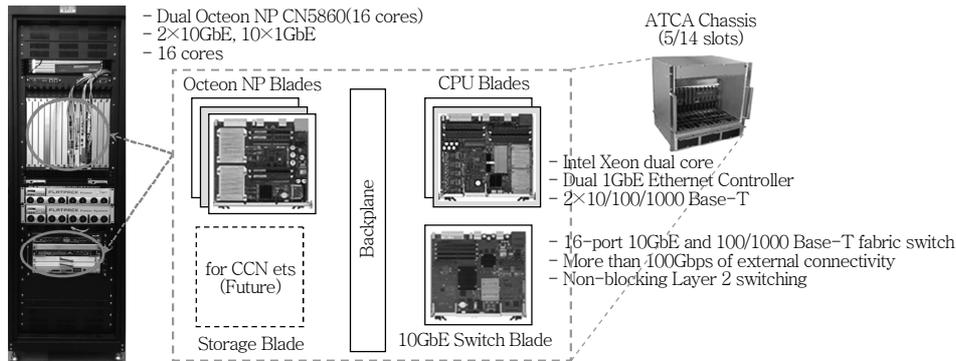
크 가상화 기술과 프로그래밍 기술을 지원하는 NP 기반 플랫폼을 이용하여 secure SNS, 콘텐츠 분배, 새로운 주소체계 및 라우팅 등 이질적이고 다양한 가상 네트워크를 동적으로 제어할 수 있게 된다. (그림 1)은 FiRST 플랫폼의 개념을 나타낸다.

FiRST 플랫폼에서는 ATCA 표준 인터페이스를 지원하는 COTS 블레이드 및 모듈을 사용하는데 그 중 C/C++와 같은 high-level 프로그래밍 언어를 지원하는 Oocteon NP를 사용한다. 특히, 본 플랫폼에서 채용한 Oocteon NP CN5860 모델은, 하나의 NP 블레이드에 2개의 옥테온 NP 모듈이 실장되어 있고 각 NP는 16개의 코어를 수용한다. FiRST 플랫폼의 하드웨어 구조를 살펴보면 (그림 2)와 같다.

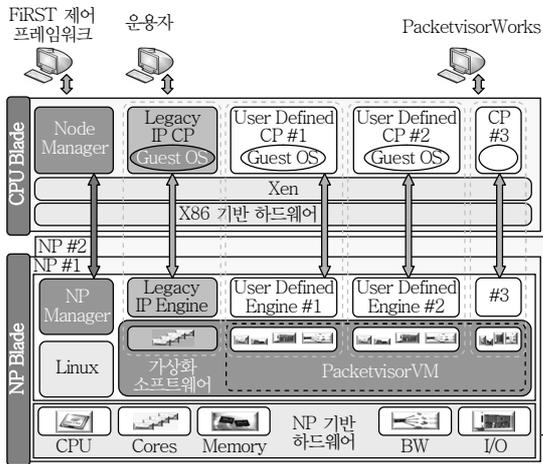
FiRST 플랫폼은 특정 하드웨어에서 벗어나 개방형 서브스트레이트 및 이식성을 통해 네트워크 가상화와 프로그래밍 기술을 실현하는 일종의 소프트웨어 기반 네트워킹 개념을 지향하고 있다. NP 블레이드에서 PVMM이라는 하이퍼바이저를 통해 컴퓨팅 및 네트워킹 자원(CPU, 코어, 메모리, I/O 등)의 엄격한 격리를 통해 데이터평면의 가상화를 지원하고 있으며, 제어평면의 가상화를 위해 현재 Xen을 사용하고 있으나, 장기적으로 VirtualBox 등 다른 가상화 방식도 검토하고 있다. 또한, 데이터평면의 프로그램



(그림 1) FiRST 개념도



(그림 2) FIRST의 H/W 구조



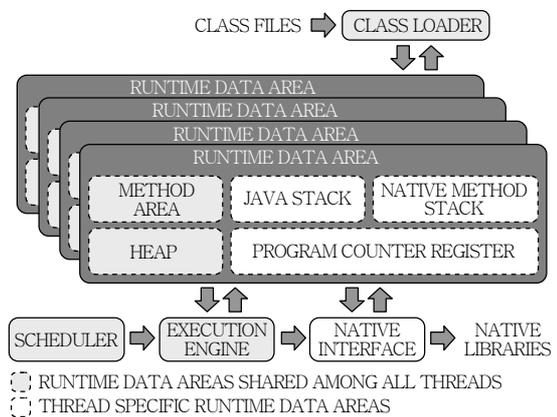
(그림 3) FIRST의 S/W 구조

화를 위해 PWorks라는 IDE 툴을 통해 가상 라우터 프로그래밍 환경을 제공할 예정이다. (그림 3)은 FiRST 플랫폼의 소프트웨어 구조를 나타낸다.

FiRST 플랫폼의 주요 세부 기능(PVMM, Open-Flow, legacy IP-routing)을 살펴보면 다음과 같다.

- PVMM 기능

PVMM(PacketvisorVMM)은 데이터평면의 가상화를 위한 운영체제로 가상머신 모니터인 하이퍼바이저와 운영체제의 양면적인 특성을 지니고 있다. PVMM 상에서 구동되는 프로세스가 펌웨어(firmware) 레벨이라는 점에서는 하이퍼바이저라고 볼 수 있지만 게스트 OS 없이 작동한다는 점은 운영체제와 유사하다. (그림 4)는 PVMM의 구조를 나타낸다.



(그림 4) PVMM 구조

(그림 4)의 구조를 보면, PVMM은 자바 바이트코드를 구동시킨다. 자바 가상머신(JVM)이 하나의 프로세스를 실행시키기 위한 스택 머신 구조인데 반해, 패킷바이저는 여러 개의 프로세스를 실행시키기 위한 멀티스택 머신이다. 따라서 PVMM은 자체적인 스케줄링 메커니즘을 가지고 있으며, 운영체제의 컨텍스트 스위칭 도움 없이도 멀티-프로그래밍을 지원한다. 사용자가 작성한 프로그램을 컴파일하면 여러 개의 클래스파일로 컴파일되는데, 클래스파일은 머신 독립적 오브젝트 파일이라 볼 수 있다. 보통 클래스파일을 JAR(자바 Archive)로 압축해 하나의 실행 파일을 생성한다. 클래스 로더는 사용자가 생성한 실행 파일을 읽어 메소드 영역에 실행 가능한 형태로 로딩한다. 메소드 영역에는 보통 실행 이미지, 전역

변수들이 저장된다. 실행엔진은 메소드 영역에 저장된 실행 코드를 인터프리트하며 실행하는데 JVM은 스택 머신 구조이기 때문에 레지스터가 아닌 스택을 사용해 동작한다. 실행엔진이 실행될 때 사용되는 메모리 영역이 자바 스택이다. 자바 스택에는 실행 과정에서 생성되는 각종 값, 객체의 레퍼런스 등이 저장되며, 구현에 따라 프로그램 카운터를 자바 스택에 저장하기도 한다. 힙은 객체 메모리 할당에 사용된다. JVM의 기능을 확장하는 방법으로 JNI를 지원하는데, 자바 바이트코드가 지원하지 않는 기능을 수행하기 위해 네이티브 라이브러리를 로딩해 실행시킬 수 있다. 이 때 네이티브 라이브러리는 네이티브 메소드 스택을 이용해 실행된다.

PVMM은 메소드 영역, 스택, 힙, 인터프리터, 클래스 로더 등으로 구성된 JVM의 아키텍처를 확장해 프로세스, 스케줄러 개념을 추가하였고, O/S의 하드웨어 자원관리를 위해 HAL를 추가하였다. 프로세스는 다수의 스레드로 구성되며 CPU 자원, 메모리 자원 등을 할당받는 단위가 된다. HAL은 PVMM이 실행되는 플랫폼 간의 이질성을 추상화하기 위한 계층으로, 시간, 락(lock), 파일, 메모리 관리 등의 API를 제공한다. 패킷바이저는 멀티스택을 지원하는 아키텍처이기 때문에 프로세스 간 컨텍스트 스위칭을 하기 위해 O/S의 도움을 필요로 하지 않는다. 일반 O/S에서 컨텍스트 스위칭을 지원하기 위해, CPU의 레지스터 값, 메모리의 TLB 레지스터 값, O/S에서 관리하는 프로세스의 값을 저장/복구하는 작업을 반복하는데 반해 멀티스택 머신은 인터프리터에서 수행시킬 스레드의 포인터를 변환시켜 주는 것만으로 프로세스 간 전환이 가능해진다.

- OpenFlow 스위치 기능

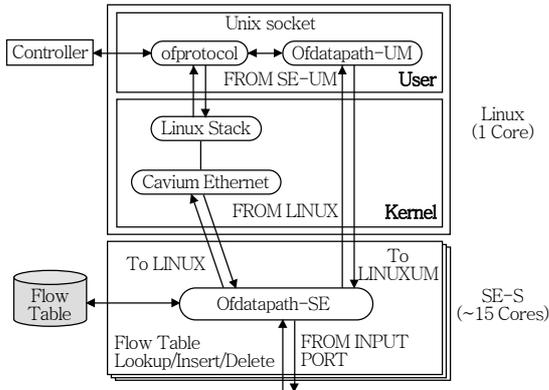
OpenFlow는 미래인터넷 연구를 위한 새로운 네

트워크 기술을 실험해 볼 수 있도록 실제 네트워크와 같은 실험 환경을 지원하는 네트워크 기술이다. 이는 스위치나 라우터와 같은 네트워크 장비에 포함된 제어 기능 부분을 분리하여, 연구자가 실험하고자 하는 기술에 적합한 구조를 설계하고 반영할 수 있도록 지원함으로써, 새로운 네트워크 기술에 대해 손쉽게 실험하고 적용할 수 있도록 해준다.

FiRST platform에서 지원하는 OpenFlow 주요 기능은 ‘OpenFlow Specification 1.0을 지원하는 OpenFlow 스위치’로서의 기능과 ‘OpenFlow 스위치 제어 및 모니터링 기능’이다.

첫째, OpenFlow Specification 1.0을 지원하는 OpenFlow 스위치는 1G×10포트 패킷 송수신 기능을 수행하며, 수신한 패킷을 MPU 내에 다수의 CPU Core로 패킷 분산 기능을 수행한다. 또한 플로우 테이블 룩업 기능으로, 수신한 패킷에서 추출한 플로우 정보가 시스템 내에서 관리 중인 플로우인지 탐색하는 기능을 수행하여, 플로우가 시스템 내에서 관리 중이라면 해당 플로우 정보의 action을 실행하도록 한다.

둘째, OpenFlow 스위치 제어 및 모니터링 기능은 OpenFlow 스위치의 상태를 모니터링하고 제어를 전달하기 위하여 통신채널을 설정하며, 통신채널로는 SSL, TCP, Unix socket을 선택적으로 사용할 수 있다. 이를 이용하여 OpenFlow 스위치의 플로우 테이블의 엔트리 상태 정보를 요청하고, 그 응답을 수신하여 플로우 테이블의 상태를 보여줄 수 있다. 이때 관리되는 정보로 플로우 테이블에 대한 룩업 횟수, 매치 횟수에 대한 통계 정보와 포트 테이블에 대한 수신 패킷 수, 수신 바이트 수, 송신 패킷 수, 송신 바이트 수, 송신 실패 패킷 수에 대한 통계 정보를 관리한다. 또한 플로우 엔트리에 대해 룩업된 횟수에 대한 통계를 관리하며, OpenFlow 스위치의 플로우 테이블



(그림 5) OpenFlow 스위치 구성도

블에 플로우 정보를 삽입/제거/수정 등을 요청할 수 있다.

FiRST 플랫폼에서는 OpenFlow 스위치 기능을 지원하기 위해(그림 5)와 같이 시스템을 구성하였다.

(그림 5)의 Ofdatapath-SE부에서는 1G 이더넷 인터페이스로부터 수신한 패킷의 12-tuples 정보를 기반으로 플로우 테이블을 룩업하여 매치되는 플로우 엔트리가 존재하면, 해당 엔트리의 통계 정보를 업데이트하고, action을 실행한다. 매치되는 플로우 엔트리가 없는 경우는 컨트롤러에게 패킷을 전달한다.

Ofdatapath-UM부에서는 Ofprotocol부와 Ofdatapath-SE부 간에 패킷을 replay하는 기능을 수행하며, 주요 기능으로 Ofprotocol로부터 수신되는 패킷을 Ofdatapath-SE로 전달하는 기능과 Ofdatapath-SE로부터 수신되는 패킷을 Ofprotocol로 전달하는 기능을 수행한다.

Ofprotocol부에서는 컨트롤러와 Ofdatapath-UM 간에 패킷을 전달하는 채널을 제공하며, 컨트롤러와의 통신은 리눅스 프로토콜 스택과 Cavium Ethernet Driver를 기반으로 SSL, TCP, Unix socket의 채널을 선택적으로 제공하며, Ofdatapath-UM과의 통신도 SSL, TCP, Unix socket의 채널을 선택적으로 제공한다. STP 메시지 수신 시 STP 프로토콜 처리를

수행한다.

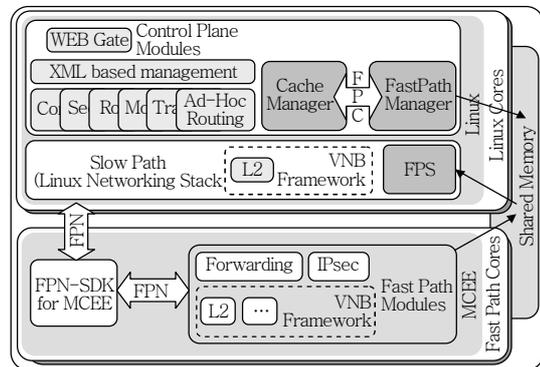
• Legacy IP-Routing 기능

미래인터넷 테스트베드에서는 현재의 IP 망과의 연동을 위해 기능과 성능이 보장된 legacy IP-routing 기능이 필요하다. 특히, 멀티코어용 고성능의 패킷 프로세싱을 목적으로 packet inspection, processing 및 forwarding을 전담하는 fast path 기능을 지원하고 fast path 기반의 구조가 control plane 및 application 측면에서의 투명성을 보장하며 산업 표준의 멀티코어 플랫폼에 쉽게 이식 가능하도록 설계된 상용 소스를 활용하였다. 이는 fast path modules, Linux networking stack, control plane modules의 3가지 빌딩 블록으로 구성되는 모듈 기반의 구조이며, 이러한 3가지 빌딩 블록의 구성 방법에 따라 ADS, EDS, SDS의 프로파일이 존재한다.

FiRST 플랫폼에서의 Legacy IP-routing 기능을 위해 사용된 6WINDGate SDS의 구조는(그림 6)과 같다.

SDS 프로파일은 고성능 애플리케이션을 지원할 수 있도록 fast path는 MCEE 환경에서 동작하고, control plane 및 slow path는 리눅스 위에서 동작하도록 설계되었다.

SDS 구성 시 NP에서 자원 대비 최적 성능은 4 core를 사용할 경우이며, 코어 간 격리 기술이 지원



(그림 6) 6WINDGate SDS 구조

되면 Oceon NP CN58XX 모델에서 최대 4개의 가상 라우터를 구성할 수 있다.

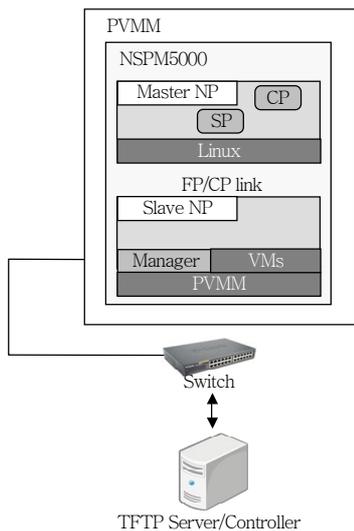
### III. KOREN의 FiRST 플랫폼 구축

KOREN은 1995년 ATM 기반의 선도 시험망 구축을 시작으로 현재는 차세대 인터넷 연구망으로 성격을 바꾸면서 6개 대도시를 연결하는 IP 네트워크 기반의 초고속 광대역 백본망(10~20Gbps)을 구축하였다. 최근에는 미래네트워크 기술 연구개발과 관련한 연구결과물들을 직접 KOREN 환경의 테스트베드에 설치하여 시험 및 검증을 실시하고 이를 위한 시범사업 및 조기 상용화의 생태계 조성을 이끌어 내기 위한 과제를 수행하고 있다[6].

본 장에서는 FiRST 플랫폼을 KOREN에 구축하기 위해 수행된 주요 시험 내용을 각 기능별(PVMM, OpenFlow, legacy IP-routing)로 살펴보고자 한다.

• PVMM 기능시험

PVMM은 (그림 7)과 같이 NP 블레이드의 slave NP에 PVMM 및 시험용 가상 머신 모듈을 로딩하고



(그림 7) PVMM 시험 구성도

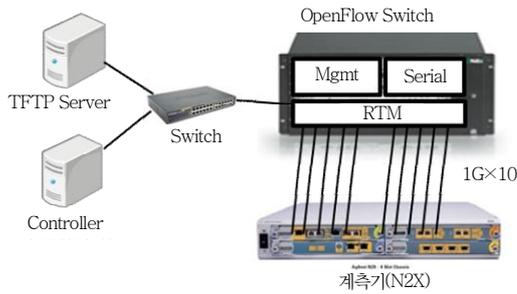
TFTP 서버와 연결하여 시험망을 구성하고 가상 머신 자체의 기능시험과 가상 머신을 관리하는 기능에 대한 시험을 수행하였다.

가상 머신 자체 기능시험의 세부 항목으로는 애플리케이션 할당 개수, 스레드 할당 개수, CPU 할당량의 정확도, CPU 격리, 메모리 할당 단위, 메모리 격리, VMAC이 포함되었으며, 가상 머신 관리 기능으로는 VM, CPU, network interface 관리 항목을 각각 수행하였다. 그 결과, FiRST 플랫폼 상에서 PVMM이 가상 머신으로써의 기능과 생성된 가상 머신의 관리 기능을 정상적으로 지원할 수 있음을 검증할 수 있었다. 다만, 사용자 가상 머신에서 지속적인 스레드 할당 시 slave NP가 다운되는 현상이 있었으나 이는 가상 머신 할당 시 할당된 메모리에 스레드를 적재하는 것이 아니고 시스템의 공용 메모리에 적재하여 메모리가 고갈될 때까지 스레드를 생성하고 메모리가 고갈되면 다운되는 현상이 발생된 것으로 확인되었다. 이는 스레드 할당 시 가상 머신에 할당된 메모리를 사용하고 그 메모리가 고갈될 때 경고 메시지를 출력한 다음 더 이상 스레드를 만들지 않음으로써 해결할 수 있을 것으로 보인다. 현재 이를 보완하기 위한 작업을 진행 중에 있다.

• OpenFlow 스위치 기능시험

OpenFlow 스위치 기능을 시험하기 위해서 (그림 8)과 같이 NP 블레이드의 master NP에 OpenFlow 스위치 모듈을 로딩하고 OpenFlow 컨트롤러와 연결하여 OpenFlow 스위치를 구성하고 계측기를 연결하여 시험망을 구성하였다.

주요 기능시험 항목으로는, 1G×10 네트워크 인터페이스로 인가한 트래픽에 대한 패킷 송·수신 기능, 수신 패킷에서의 12-tuple 플로우 정보 추출 기능, 플로우 테이블별/플로우별/포트별 통계 수집 기능, 플로우 테이블에 검색된 엔트리의 해당 action 실행



(그림 8) OpenFlow 시험망 구성도

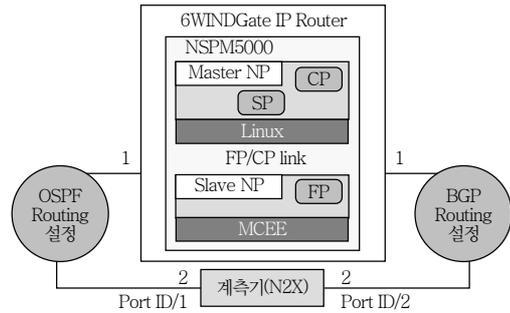
행 기능, 플로우 테이블의 플로우별 idle(또는 hard)\_timeout 시간에 따른 타임아웃된 플로우 제거 기능, 플로우 테이블의 플로우 엔트리 추가/삭제/변경 기능, 컨트롤러와의 통신을 위한 SSL 기반 보안 통신 기능 항목을 확인하였다.

특히, ‘OpenFlow Specification 1.0을 지원하는 OpenFlow 스위치’ 기능을 시험하기 위하여 사용자 또는 컨트롤러가 정의한 트래픽 속성에 대해 actions 이 정의된 플로우 테이블 생성을 확인하였으며, 1G ethernet interface로부터 수신한 IPv4 패킷에 대해 플로우 정보를 탐지하여 탐지된 플로우에 적용할 rule을 플로우 테이블에서 찾아서 해당 action을 수행하고 통계정보가 업데이트 되었는지를 확인하였다.

또한, ‘OpenFlow 스위치 제어 및 모니터링 기능’을 시험하기 위하여 OpenFlow 스위치와 local 또는 remote에서 TCP 혹은 SSL로 연결을 확인해 보았으며, OpenFlow 스위치에 OpenFlow Specification 1.0의 메시지를 송수신하여 OpenFlow 스위치의 플로우 테이블, 포트 테이블을 제어하거나 상태를 확인하였다.

• Legacy IP-Routing 기능

Legacy IP-routing 기능을 시험하기 위해 (그림 9)와 같이 NP 블레이드의 master NP와 slave NP에 각각 CP(+ SP) 모듈과 FP 모듈을 로딩하여 IP



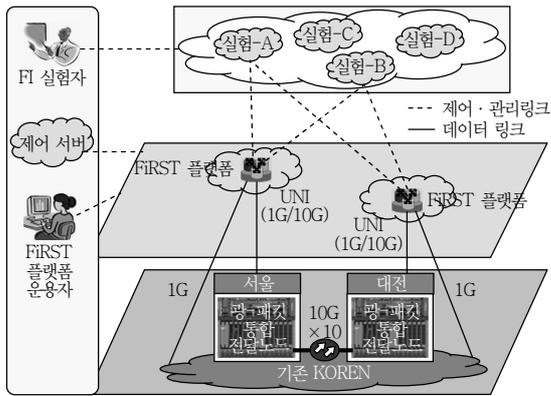
(그림 9) Legacy IP Router 시험 구성도

router를 구성하고 계측기를 연결하여 시험망을 구성하였다.

주요 시험 항목으로는 라우팅 기술 관련하여 크게 static routing, OSPFv2, BGPv4 관련 기능 항목을 시험하였다. Static routing 기능의 세부 항목으로는 static 라우팅 및 default 라우팅을 포함하였으며, OSPFv2 기능의 세부 항목으로는 timer, DR/BDR, cost, redistribution(METRIC TYPE 1,2), route summarization, default information originate, authentication을 포함하였고, BGPv4 기능의 세부 항목으로는 route aggregation, eBGP multihop, next-hop self, redistribution, prefix/community/AS-path filtering, soft reconfiguration 항목 등을 포함하였다. 이러한 시험 수행 결과, FiRST 플랫폼 상에서 legacy IP router 기능을 정상적으로 지원할 수 있음을 검증할 수 있었다. NP 블레이드 상에 6WINDGate 프로토콜 스택을 이용해서 IP router를 구성하는 경우, 현재는 6WIND 구성파일을 플래쉬 메모리에 저장하는 기능이 탑재되어 있지 않아 NP 블레이드가 리셋되는 경우에 운용자가 재설정을 해주어야 하는 번거로움이 있으나, 이를 보완하기 위한 작업을 진행하고 있다.

(그림 10)은 FiRST 플랫폼을 KOREN 상에 적용한 전체 구성도를 나타낸다.

FiRST 플랫폼을 서울 POP(NIA) 및 대전 POP



(그림 10) FiRST 플랫폼 KOREN 연구개발망 적용

(KAIST)에 각각 1대씩 설치하고, 광패킷 통합 전달 노드인 POINTS 장비를 통해 서울 대전 간을 연결하였다. 앞으로, 기존 KOREN 상에서 FiRST 플랫폼 간 통신을 위한 연결과 PVMM 확장 작업을 진행할 예정이다.

#### IV. 결론

본 고에서는 네트워크 가상화 기술과 프로그램화 기술을 지원하는 미래인터넷 테스트베드로서의 FiRST 플랫폼을 소개하고 이를 KOREN 망에 구축하기 위해 세가지 주요 기능(PVMM, OpenFlow, legacy IP-routing)을 시험한 결과를 살펴보았다. 각 기능별 향후 연구 계획은 다음과 같다.

PVMM은 현재의 기능을 확장하고 성능을 개선하기 위한 연구를 진행하고 있다. 기능 확장을 위해서는 MAC 주소를 중앙에서 집중적으로 관리해주는 Packetvisor Center 개발, LAN 밖의 가상 머신들의 link 설정을 위한 inter-LAN link 기능, 더 효율적인 가비지 컬렉션을 위한 가비지 컬렉터 기능을 확장하는 연구를 진행하고 있으며, 성능 개선을 위해서는 PVMM에서 사용하는 모든 데이터의 메모리를 32/64비트로 정렬시키는 방법, 커널의 주요 데이터를 RLDRAM을

활용하여 관리하는 방법, 바이트코드 고속화를 활용한 인터프리터 최적화 작업 등을 수행하고 있다. 향후에는 JITC/AOTC 개발, H/W 고속화 과정을 적용하여 상용 수준의 성능을 가진 시스템을 목표로 한다. 성능 목표는 Cavium Network사의 Octeon5860 NP 상에서 2012년 2월까지 1G의 성능 및 2014년 2월까지 5G의 성능을 목표로 연구를 수행하고 있다.

OpenFlow 스위치는 'FiRST Platform 기반의 OpenFlow 스위치 및 제어 기술 연구'의 일환으로 개발된 연구시제품 단계의 산출물이며, 일정 수준의 성능에 대한 요구사항을 반영하지 않은, 단위 기능 개발 위주의 연구시제품 단계로 성능에 대한 부분은 향후 개발 요구사항에 따라 일정 수준까지 지원할 수 있을 것으로 보인다.

또한, 보다 효율적인 legacy IP routing 기능을 지원하기 위한 방안을 모색하고 있다. FiRST 플랫폼은 프로그래머블 네트워크 가상화 플랫폼을 지향하고 NP 모듈 자체가 고가의 장비이기 때문에 지금처럼 NP 단위로 라우터를 구성하는 것보다는 가상화 구조로 수용될 수 있다면 보다 효율적인 IP router를 지원할 수 있게 될 것이다. 이를 위해서는, CP 및 DP 분리 기능 및 코어 격리 기술이 요구되며 코어 격리 기술은 Octeon NP2를 활용할 계획이다. FiRST 플랫폼에 사용된 상용 소프트웨어 라우터 소스를 활용하게 되면, 현재 구성 가능한 라우터의 수는 NP 단위로 결정되므로 가상화 기반 legacy IP 기능을 지원하기 위해서는 향후, 코어 단위로 CP/DP 이미지를 동적 다운로드할 수 있도록 보완이 필요하다.

이와 같이, FiRST 플랫폼의 기능을 확장 보완하는 연구를 계속 수행해 나감과 동시에 FiRST 플랫폼을 미래인터넷 테스트베드인 KOREN 상에 구축하여 미래인터넷 시험 장비로서 2011년 하반기에 사용자들에게 오픈하여 운영할 계획이다.

● 용어해설 ●

네트워크 가상화(Network Virtualization): 공유하는 네트워크의 물리적 인프라 위에서 네트워킹 자원의 분리 메커니즘 등의 기술을 통해 가상 네트워크를 동적으로 구축하여 네트워크 아키텍처 및 서비스 기술을 전개할 수 있도록 하는 기술을 말함.

네트워크 프로그래밍(Network Programmability): 네트워크의 물리적 인프라를 구성하는 하드웨어에 대한 세부 지식 없이 네트워크 아키텍처 및 서비스의 신속한 개발을 전개할 수 있도록 하는 기술을 말함.

약어 정리

ADS	Advanced Dev Suite
API	Application Programming Interface
BGP	Border Gateway Protocol
COTS	Commercial off-the-shelf
CP	Control plane
DP	Data plane
EDS	Enhanced Dev Suite for Multi-Core
FIND	Future Internet Design
FIRE	Future Internet Research and Experimentation
FiRST	Future Internet Research for Sustainable Testbed
FPC	Fast Path Control
FPN	Fast Path Networking

FPS	Fast Path Statistics
GENI	Global Environment For Network Innovations
HAL	Hardware Abstraction Layer
JNI	Java Native Interface
JVM	Java Virtual Machine
KOREN	Korea Advanced Research Network
MPU	Main Processing Unit
NP	Network Programmability
NV	Network Virtualization
NWGN	New Generation Network
OSPF	Open Shortest Path
PVMM	Packetvisor Virtual Machine Monitor
SDS	Specialised Dev Suite for Multi-Core
VM	Virtual Machine

참고 문헌

[1] Younghee Lee, "The Future Internet Research Plan in Korea," *Euroview*, 2011.

[2] 신명기, 강신각, 김형준, "미래인터넷 표준화 동향," *TTA J.*, no. 124, 2009.

[3] 백은경, 황진경, 최은호, "미래인터넷 서비스 연구 동향," *TTA J.*, no. 124, 2009.

[4] GENI. <http://www.geni.net/>

[5] FIRE. <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire>

[6] KOREN. <http://www.koren.kr/koren/kor/index.html>