

# 미래 인터넷 테스트베드 연동의 요구사항 분석

김성민, 이수강, 김명섭  
고려대학교

{gogumiking, sukanglee, tmskim}@korea.ac.kr

## The Research for Requirements for Future Network Testbeds Federation

Sung-Min Kim, Su-Kang Lee, Myung-Sup Kim  
Korea Univ.

### 요 약

오늘날 인터넷 네트워크 기술이 급속도로 발전함에 따라 네트워크를 활용한 실험의 양과 그 중요성이 증가되고 있다. 하지만 개인 또는 소규모 연구진들은 네트워크 실험을 위한 물리적 실험 환경을 직접 구축하는데 비용적, 공간적인 측면에서 부담감을 느낀다. 이러한 부담을 해소하기 위하여 세계의 다양한 연구기관에서는 원격 접속이 가능한 대규모의 물리적 실험 환경을 구축하여 실험자들에게 제공하고 있다. 각 기관의 이러한 노력에도 불구하고 현대 인터넷의 방대한 자료를 활용한 실험을 위해서는 기 구축되어 있는 테스트베드의 규모 이상의 실험 환경이 요구되고 있다. 이러한 요구를 비용과 확장성 측면에서 더욱 효과적으로 해결하기 위하여 테스트베드들을 연동하는 방향으로 연구가 진행되고 있으며, 본 논문에서는 테스트베드를 효과적으로 연동함에 있어서 선행 또는 해소되어야 하는 요구사항에 대하여 제안한다.

### I. 서론

오늘날 네트워크 환경의 규모가 확장되고, 그 활용도가 높아짐에 따라 네트워크를 활용한 실험의 양과 그 중요성이 증가되고 있다. 멀지 않은 과거의 실험자들은 다양한 실험을 위하여 장비를 물리적으로 연결을 하거나, 또는 가상 머신을 통하여 실험 환경을 구축하여 실험을 진행하였다. 하지만 이러한 방법에는 여러 제약사항이 존재 하였는데, 특히 개인 또는 소규모 연구진의 경우 실험 환경을 구축하는데 있어서 공간과 비용적인 측면에서 한계점이 있다. 또한 다수의 가상 머신을 이용하여 실험 환경을 구성하여도 결국 한정적인 컴퓨팅 자원을 이용하기 때문에 올바른 실험 결과를 도출하기 어려우며, 지리적으로 떨어져있는 타 연구진과의 공동연구를 진행함에 있어서 원활한 연구를 진행하기 어렵다.

이와 같은 제약사항을 극복하기 위하여 세계의 다양한 연구기관에서는 대규모의 물리적 실험 환경을 구축하여, 실험 환경 구축에 부담을 느끼는 실험자들에게 제공하고 있다. 실험자는 해당 기관의 계정을 생성하고, 사용하고자 하는 장비에 원격 접속을 하는 것 만으로도 일정 수준의 실험 환경을 구축하여 실험을 진행할 수 있다.

하지만 네트워크 환경의 규모가 시간이 갈수록 빠른 속도로 증가하고, 빅데이터 분야가 대두됨에 따라 현재까지의 한정적인 장비로 구축된 테스트베드 이상의

대규모 실험 환경에 대한 요구가 급증 하고 있다. 이러한 실험자들의 요구를 충족시키기 위한 방법으로 테스트베드의 규모를 확장시키는 방법이 있다. 하지만 비용과 확장성의 측면에서 비효율적인 단점이 존재한다. 따라서 기 구축되어 있는 테스트베드를 통합 및 연동하여 테스트베드의 규모를 확장시키는 방법이 더욱 효과적이다. 테스트베드를 연동하는 기술은 현재 활발히 연구가 진행중이며, 컴퓨팅 자원은 물론 네트워킹 자원의 연동, 동적 네트워크 등 여전히 해결해야할 과제가 남아있다.

본 논문에서는 다양한 테스트베드를 연동함에 있어서 필요한 요구사항과 해결해야할 과제를 제안하며, 2 장은 미래 인터넷 테스트베드 연동 분야에 대한 간략한 소개를 한다. 또한 3 장은 미래 인터넷 테스트베드 연동의 요구사항 및 테스트베드 연동 분야의 문제점에 대하여 정의하며, 저 4 장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

### II. 관련 연구

미래 인터넷 테스트베드 연동을 위한 연구는 현재 까지도 활발히 진행되고 있는데 서로 다른 기관의 테스트베드는 그 구조와 동작 방식 및 명령 체계에 차이가 있다. 따라서 각 테스트베드 간 커뮤니케이션의 괴리를 극복하기 위해 SFA[1](Slice-based Federation Architecture)를 정의하여 서로 다른 테스트베드들의 자원을 Slice 단위로 사용할 수 있다.

테스트베드 연동 분야는 유럽과 미국이 주도하고 있으며, 유럽에서 주로 사용하는 구조의 테스트베드를 연동한 PlanetLab[2], FIRE[3](Future Internet Research and Experimentation) 프로젝트가 있다. 또한, 미국에서

본 논문은 2016 년 한국과학기술정보연구원 연구과제(첨단연구 망기반 협업플랫폼 서비스 및 글로벌 연동, K-16-L01-C02-S03)와 2015 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2015R1D1A3A01018057)으로 수행되었습니다.

주로 사용하는 구조의 테스트베드를 연동한 프로젝트로 GENI[4](Global Environment for Network Innovations) 프로젝트 등이 있다. 이때, 두 영역의 테스트베드 연동 프로젝트 모두 SFA 를 통하여 연동을 하기 때문에 서로 연동이 가능하다.

### III. 미래 인터넷 테스트베드 연동 요구사항

미래 인터넷 테스트베드 연동에는 몇가지 요구사항이 필요하다. 첫째, 분산되어 구축된 테스트베드의 자원을 자신의 자원처럼 사용할 수 있어야 한다. 이에 따라 실험자의 위치에 따른 제약이 없어야 한다. 둘째, 실험자가 요구하는 실험 환경의 규모와 구조적 제약이 없어야 한다. 따라서 연동된 테스트베드 환경은 충분히 대규모이어야 하며, 사용자의 요구에 맞게 네트워크 구조를 변경할 수 있어야 한다. 셋째, 실험자에게 안정적인 실험 자원을 공급할 수 있어야 한다. 이는 각 자원의 성능은 물론 안정적인 QoS 를 보장해야 한다는 것을 의미한다. 넷째, 사용 수준의 진화를 고려하여 확장성 있게 설계 및 구축되어야 하며, 다섯째로 실험 자원에 접근하는 합리적인 인증 체계를 구축해야 한다.

이외에도 물리 계층에서 응용 계층까지 진 계층에 대한 실험이 가능해야 하는 점, 소규모에서 대규모에 이르는 네트워크 실험이 가능해야 하는 점, 다수의 실험자들의 동시 실험이 가능하도록 설계해야 하는 점 등의 요구사항이 있다, 이에 대한 활발한 연구에도 불구하고 여전히 많은 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 향후 짧은 시기에 극복이 가능한 대표적인 문제점 4 가지에 대하여 정의한다.

첫째, 기 구축된 테스트베드 연동 시스템은 다수의 컴퓨팅 자원을 Slice 단위로 생성할 수 있지만, 그들은 네트워크 상에서 독립적인 자원으로 인식이 되기 때문에 네트워크 실험을 진행하기 어렵다. 실험자가 요구하는 대규모의 실험을 효과적으로 분배할 수도 없으며, 분배가 되더라도 각 독립된 자원이 합리적으로 작업을 수행하지 못 한다면 테스트베드의 연동은 의미가 없다.

둘째, 실험자의 요구에 맞는 네트워크 환경을 구성하기 어렵다. 실험자는 네트워크 실험을 진행할 때 필요한 토폴로지를 구성하여 실제로 구현하기 힘들기 때문에 가상으로 구현해야만 한다. 또한 각 연구 자원 링크의 Bandwidth 를 조절할 수 있어야 한다.

셋째, 안정적인 QoS 를 보장하지 못한다. 현재 기 구축된 테스트베드 연동 시스템은 상용 인터넷 네트워크 망을 통하여 연동이 되어 있기 때문에 실험과 상관없는 데이터와 충돌이 일어날 가능성이 높다. 또한 상용 인터넷의 트래픽 양과 환경에 따라 영향을 받기 때문에 안정적인 QoS 를 보장받지 못함은 물론, 정확한 실험 결과를 도출하기 어렵다.

넷째, 네트워크 문제에 발 빠른 대응이 어렵다. 지리상으로 거리가 있는 연구 자원의 모니터링 및 관리는 쉽지 않은 일이며, 이를 원격으로 복구하는 일을 불가능에 가깝다고 할 수 있다.

위의 4 가지 문제점은 현재 테스트베드 연동 연구가 앞으로 해결해야 할 과제이며, 모두 SDN[5] 기술과의 연동을 통하여 빠른 시기에 극복이 가능하다.

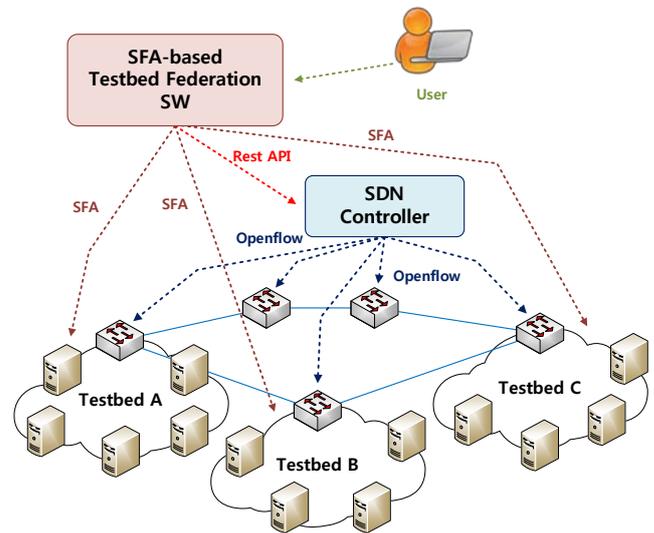


그림 1. SDN/SFA 기반 테스트베드 연동 구조

### IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 미래 인터넷 테스트베드를 연동함에 있어서 선행 또는 해소 되어야 하는 요구사항에 대하여 정의 하였으며, 기 구축된 테스트베드 연동 시스템의 한계점에 대하여 기술하였다. 3 장에서 제시한 문제점은 테스트베드 연동 시스템과 SDN 기술의 연동을 통하여 충분히 해결이 가능하며, 그림 1 은 위의 문제를 해결하기 위하여 SDN 기술과 SFA 기반 테스트베드 연동 시스템의 연동 구조이다.

향후 그림 1 과 같은 구조로 테스트베드 연동 시스템 구축 실험을 진행할 계획이며, 실제 물리적 환경에 직접 구축하여 본 논문의 타당성을 증명할 계획이다.

### 참고 문헌

- [1] Fdida, Serge, Timur Friedman, and Thierry Parmentelat. "OneLab: An open federated facility for experimentally driven future internet research." *New Network Architectures*. Springer Berlin Heidelberg, 2010. 141-152.
- [2] Chun, Brent, et al. "Planetlab: an overlay testbed for broad-coverage services." *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 33.3 (2003): 3-12.
- [3] Gavras, Anastasius, et al. "Future internet research and experimentation: the FIRE initiative." *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 37.3 (2007): 89-92.
- [4] Elliott, Chip. "GENI-global environment for network innovations." *LCN*. 2008.
- [5] Nunes, Bruno AA, et al. "A survey of software-defined networking: Past, present, and future of programmable networks." *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE 16.3 (2014): 1617-1634.