

OpenFlow 기반 Programmable Network에서 Virtual Network Topology 구성을 통한 응용 서비스 제공 방안 연구

신영록, Song Biao, 허의남
경희대학교 컴퓨터공학과
e-mail:{shinyr, bsong, johnhuh}@khu.ac.kr

A Study on Application Service Delivery through Virtual Network Topology Allocation using OpenFlow based Programmable Network

Young-Rok Shin, Song Biao, Eui-Nam Huh
Dept of Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

현재 인터넷은 하드웨어 종속적인 특징을 가지고 있어 급변하는 환경에 적응하기 힘들다. 이러한 제약사항은 관련 산업 발전을 더디게 하고 있다. 이와 같은 네트워크 환경에서 산업 발전을 위하여 네트워크 인프라에 유연성을 제공할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 그러한 문제를 해결하기 위해 오픈 프로토콜인 OpenFlow의 Programmable Network의 특성을 이용하여 네트워크 가상화를 구현하였으며, 응용 서비스별 Virtual Network를 제공하는 방안에 대해 연구하였다. 이를 위하여 OpenFlow 기반의 Programmable Network를 구축하였으며, 동적으로 구성이 가능한 네트워크에서 가상화를 제공하기 위해 VNAPI를 개발하였다. 또한, VNAPI를 통하여 신뢰성 있고 효율적인 응용 서비스의 전달을 위하여 Virtual Network Topology에 대한 설계를 같이 수행하였다.

1. 서론

현재의 인터넷은 하드웨어에 종속적인 특징으로 급변하는 환경에 적응하기 힘들며, 다양한 사용자의 요구사항을 받아들이기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 또한 3rd Party 콘텐츠 제공자가 네트워크 인프라의 활용이 어려워 관련 산업의 발전에 제약이 되고 있다. 그리하여 방송통신 융합 산업의 발전을 위하여 응용 서비스별 요구되는 네트워크 인프라의 구성이 유연할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 또한, 이러한 유연한 네트워크에서 많은 사용자가 요구하는 다양한 응용 서비스를 제공하기 위하여 현존하는 Star, Tree 혹은 Ring-Star 등의 효율성 및 응용의 특징을 고려한 기술 개발이 필요하다.

위와 같은 문제를 해결하기 위하여 서로 다른 스위치와 라우터의 flow-table을 프로그래밍 할 수 있는 오픈 프로토콜인 OpenFlow 기술을 활용하였으며, 네트워크 인프라의 유연성을 제공하기 위하여 Open vSwitch로 구현된 Programmable Network를 구축하였다. 또한, 위와 같이 구축된 유연한 네트워크에서 3rd Party Platform 지원을 위한 가상 네트워크 할당 라이브러리(Virtual Network Allocation Library) 및 Virtual Network 할당에 있어 하나의 링에 두 개의 Depot을 가지는 MDRS-2DR (Multi-Depot Ring-Star topology with Two Depots per

Ring)에 대한 연구를 진행하였다.

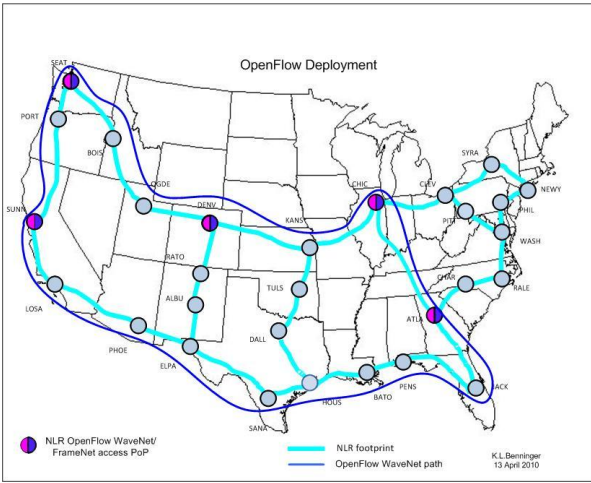
본 논문에서는 위와 같은 유연성을 가지는 Programmable Network에서의 시뮬레이션을 통하여 MDRS-2DR은 현존하는 다른 topology에 비교하여 응용 서비스 제공에 적합하다는 결과를 보인다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 연구를 위한 Open vSwitch를 이용한 유연한 네트워크의 구축 및 현존하는 topology에 대해 알아보고, 3장에서 유연한 네트워크에서 응용 서비스 제공에 적합한 MDRS-2DR에 대해 설명한다. 4장에서는 구축된 Programmable Network에서 Ring topology, MDRS 및 MDRS-2DR의 성능 비교하고 평가하며 5장에서 결론을 맺는다.

2. 유연한 네트워크 구성을 위한 OpenFlow

현재 인터넷은 이를 이루고 있는 라우터나 스위치가 완전한 하드웨어 기반의 네트워크로 구성되어 있다. 이는 다양한 네트워크 실험이 불가능하고 새로운 프로토콜 적용에 매우 제한적이라고 말할 수 있다. 이와 같은 네트워크는 미래 인터넷 연구 및 새로운 프로토콜의 적용을 위하여 스위치 및 라우터가 유연해져야 할 필요가 있다.

최근에는 이를 해결하기 위한 Programmable Network를 구축하여 소프트웨어적으로 네트워크를 조정할 수 있

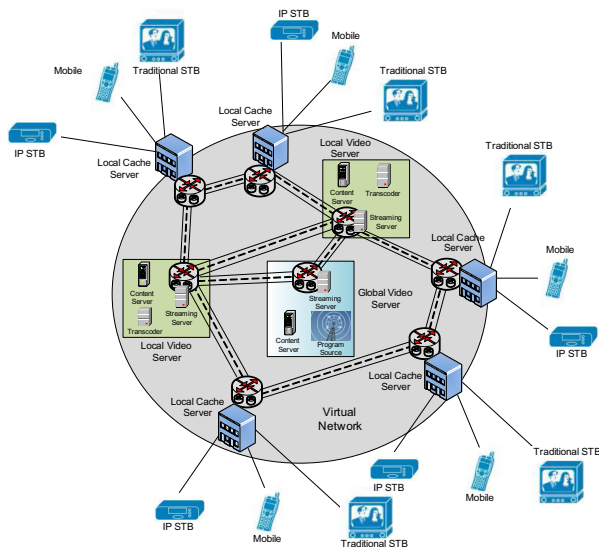
는 스위치/라우터가 개발되었으며, 스탠포드 대학에서 개발된 OpenFlow가 가장 대표적인 기술 중의 하나이다. 이를 활용한 미국의 GENI나 유럽의 FIRE 등에서는 대규모의 테스트베드를 구축하여 연구가 이루어지고 있다.



(그림 1) 미국 GENI의 OFNLR에 설치된 OpenFlow 네트워크 구성도

우리는 OpenFlow 기반 네트워크에서 망 구성이 programmable하다는 성격을 이용하여 응용 서비스별 요구사항을 반영한 각각 다른 데이터의 흐름을 제공하고자 한다. 이러한 OpenFlow가 제공하는 네트워크의 유연성은 다양한 서비스에서 요구되는 대역폭과 같은 네트워크의 특성을 반영한 응용 서비스 및 콘텐츠 전달에 이용할 수 있다.

3. 응용 서비스 전송을 위한 Virtual Network Topology(VNT) 설계

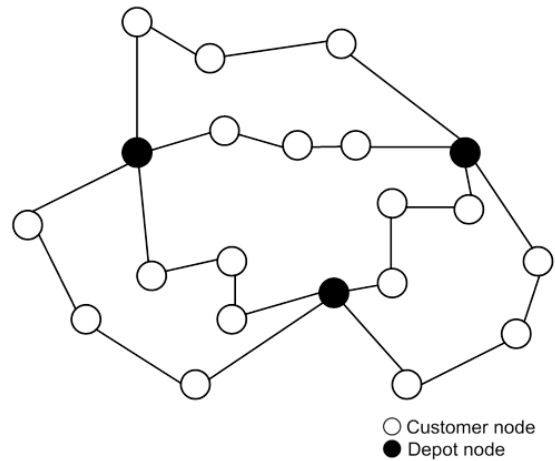


(그림 2) Virtual Network 기반 서비스 전달 네트워크

대표적인 응용 서비스 전송으로는 IPTV가 있으며, 2011년에는 실시간 IPTV 서비스 사용자로 100만 명이 넘는 가입자를 기록할 정도로 전 세계적으로 빠른 성장을 보이고 있다.

이와 같은 과정에서 서비스 제공자는 직접 관리하는 네트워크(managed network)를 통하여 IPTV 콘텐츠를 전달하기 위해 신뢰성 있고 비용 효율적인 네트워크의 구성하는 것이 필수적이다. Virtual Network는 backbone network 또는 IP overlay network의 제한 사항을 극복하기 위하여 제안되었으며, 이는 잠재적으로 유연성을 제공하여 CDN의 제어가 가능하다는 장점이 있다.

OpenFlow와 같은 programmable network의 구성이 가능한 네트워크에서 위와 같이 Virtual Network를 구성하는 방법을 이용하여 비용 효율적이고 신뢰성있는 Virtual Network Topology(VNT)를 설계하고 Virtual Network Allocation을 통하여 그를 실현하고자 한다.



(그림 3) MDRS-2DR

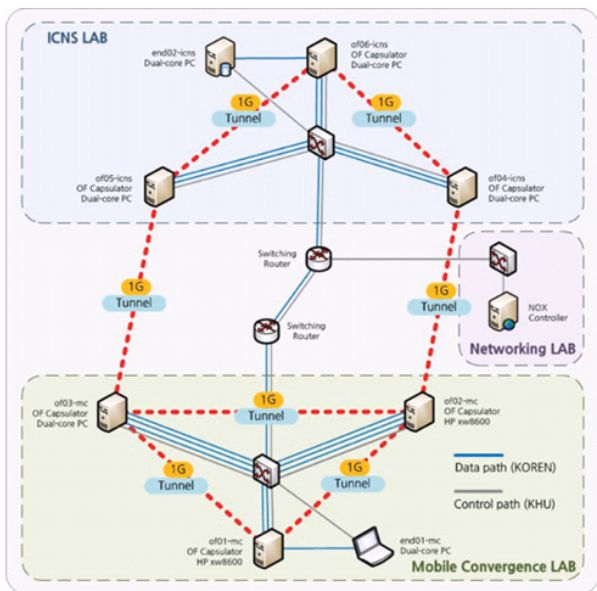
이러한 Virtual Network를 할당하는데 있어 기존의 Simple Centralized topology, Ring-Star topology, Hierarchical topology 등과는 달리 하나의 링에 두 개의 depot을 가지는 MDRS-2DR(Multi-Depot Ring-Star topology with Two Depots per Ring)을 제안한다. 제안하는 topology의 샘플 솔루션은 그림 4와 같다.

Depot node를 서비스 제공자, Customer node를 콘텐츠 사용자라고 할 때, MDRS-2DR을 구성을 위한 방법은 크게 3단계로 진행된다. Replica의 할당, topology 구성, 그리고 캐시 서버 할당의 세 가지 단계로 구성된다. Replica 할당을 위한 단계에서는 네트워크에 존재하는 replica의 수를 결정하고, 각 replica에 대한 대역폭 계산 및 InP를 요청한다. 모든 replica가 할당될 때까지 수행하며, 하나 그룹에 replica가 포함될 때 각 그룹당 2개의 replica가 포함되도록 한다. 그렇게 구성된 그룹은 ring topology를 구성하며, 이후에는 topology 재구성을 위한 단계를 수행한다.

4. OpenFlow에서 MDRS-2DR의 성능 평가

유연성을 가지는 네트워크에서의 응용 서비스 전달을 위한 VNT의 성능 평가를 위하여 OpenFlow Switch 기반의 실험 환경을 구성하고, OpenFlow Switch와 Nox Controller를 이용한 Programmable Network를 구축하였다. 뿐만 아니라 네트워크 가상화(Network Virtualization) 제공을 위하여 OpenFlow Switch 상의 Capsulator를 활용하여 virtual network를 구성하여 동적 가상화 네트워크를 테스트 하였다.

테스트를 위한 OpenFlow 기반의 네트워크는 그림 4와 같이 구축되었으며, 기본적으로 PC 기반의 OpenFlow Switch를 이용하였으며, CentOS 6.0 환경에서 Open vSwitch 1.1.0을 설치하여 Open Flow Switch를 구현하였다. 또한, Programmable Network에 대한 실험 진행을 위해 2대의 End 노드를 이용하였다.

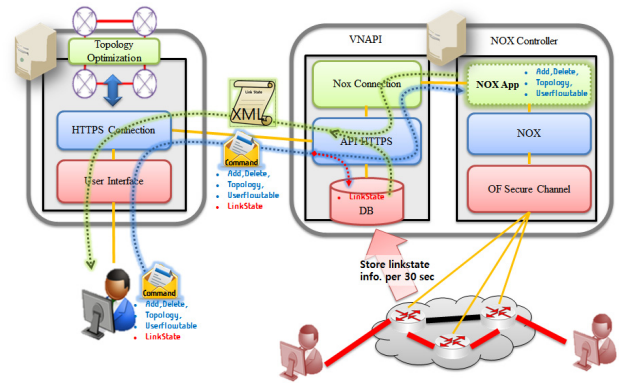


(그림 4) OpenFlow 기반 Programmable Network Testbed

위와 같은 Programmable Network에서 네트워크 가상화를 제공하기 위하여 VNAPI(Virtual Network API)를 개발하였으며, 그림 6은 개발된 VNAPI의 전체적인 개념도를 나타낸다. 기본적으로 Nox Controller와의 통신과정으로 API를 지원하며 HTTP 표준 통신 방식으로 모든 요청을 수신하여 XML 방식으로 응답하는 구조를 가진다. 이를 통하여 사용자가 등록한 Virtual Network 정보와 네트워크의 트래픽 정보는 매 30초마다 VNAPI의 데이터베이스에 저장되며, 사용자의 요구가 있을 때 값을 정렬하여 제공하게 된다.

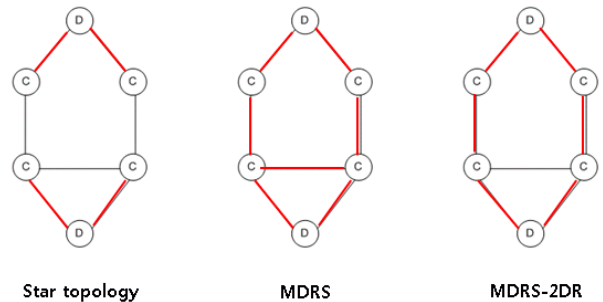
구축된 테스트베드는 6개의 라우터를 가지며, 평균 지연시간 및 접속거리를 이용하여 VNT 할당에 대한 테스트를 진행하였다. MDRS-2DR과 비교를 하기 위하여 Star topology 및 MDRS(Multi Depot Ring Star) topology를

비교하였다.



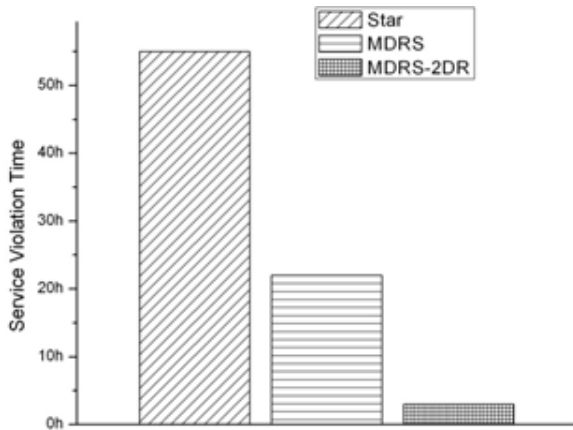
(그림 5) OpenFlow 네트워크 조정을 위한 VNAPI

그 결과 Star topology는 Customer와 가장 가까운 Depot으로 하나의 가상 링크만 연결되었으며, MDRS는 하나의 Depot에 2개의 Customer node가 연결되었다. MDRS-2DR의 경우 6개의 노드를 연결하기 위한 하나의 ring topology를 생성하였다.

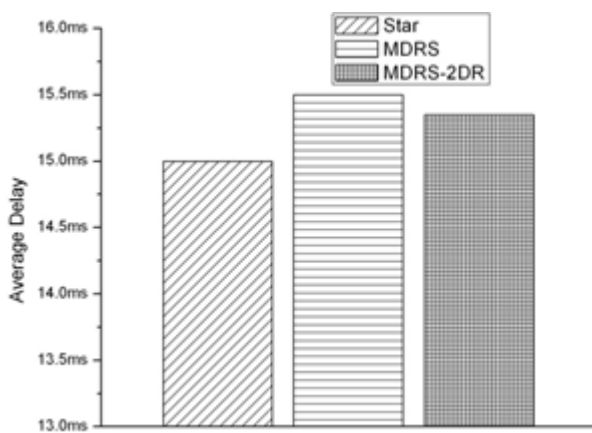


(그림 6) 각 토폴로지 별 생성된 링크

응용 서비스의 전달을 위하여 Customer node가 링크, 연결 노드 또는 Depot의 실패로 인해 서비스를 제공받지 못할 경우 다른 depot을 통하여 서비스 받을 수 있도록 되어야 한다. 가상 노드나 링크의 경우 수리되기까지 1시간이 걸리며, depot 으로의 연결이 불가능한 경우, 1시간에서 5시간까지 서비스를 제공하지 못하는 경우가 발생한다. 위와 같은 토폴로지를 통한 테스트 100시간 동안 수행하였으며, 그 결과 그림 7과 같은 그래프를 얻을 수 있었다. 그래프에 따르면 성형 토폴로지가 서비스를 받지 못하는 시간이 55시간으로 가장 좋지 못한 결과를 보여주었다. MDRS는 성형에 비해 좋은 성능을 보였으나, 싱글 노드 제어 용량, 링크, depot 실패 문제 등을 고려했을 때 MDRS-2DR이 세 가지 중 가장 높은 신뢰성을 제공하는 것으로 측정되었다. 그림 8은 임의적으로 라우터들 간 지연 시간을 생성하여 수행하였으며, 그 결과는 그림 9와 같다.



(그림 7) 각 토폴로지에서의 서비스 방해 시간



(그림 8) 각 토폴로지에서의 평균 지연

5. 결론

본 논문에서는 현재의 하드웨어 종속적인 인터넷을 OpenFlow 기반의 Programmable Network를 구축하였으며, 이를 통한 응용 서비스 제공을 위한 Virtual Network를 구성할 수 있도록 Nox Controller를 이용한 사용자 요구사항 별 다른 Data Flow Path 설정을 위한 VNAPI를 개발하였다.

그 결과, 하드웨어 종속적인 네트워크에 유연성을 제공할 수 있게 되었으며, VNAPI를 통한 사용자 요구별로 다른 Data flow path를 설정하는 네트워크 가상화를 제공할 수 있었다. 또한, 그러한 Programmable Network에서 신뢰성과 효율성을 제공하기 위해 새로운 토폴로지의 설계에 대한 연구를 진행하였고, Ring, MDRS와의 비교를 통하여 신뢰성과 효율성이 높음을 확인하였다.

이와 같은 연구를 통하여 OpenFlow가 가진 네트워크 가상화, Programmable Network, Flow-based Switching 및 Data Plane과 Control Plane 분리 기능을 활용하여 경제적으로 유리할 것으로 기대된다. 이와 더불어 앞으로 신뢰성과 효율성을 제공하는 VNT에 따라 어느 위치에 replica가 위치하면 가장 효율적인지에 대한 연구를 진행할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 동적으로 구성할 수 있는

네트워크에서의 효율적 콘텐츠 제공을 위한 플랫폼에 대한 개발을 통하여 방송 통신 융합 산업의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENT

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2012- H0301-12-1006)

참고문헌

- [1] 최윤철, 민석홍, 김병철, 이재용, 김대영, "미래인터넷 OpenFlow 테스트베드 구축을 위한 NetFPGA 기반 캡슐 레이터 구현 및 성능평가", 전자공학회논문지, 제47권, TC 편, 제7호, 2010년 7월, pp.118-126.
- [2] Vaughan-Nichols, S.J. "OpenFlow: The Next Generation of the Network?", Computer, v.44, no.8, 2011, pp.13-15.
- [3] Open vSwitch, "<http://openvswitch.org/>", 2012.
- [4] Baldacci, R., Dell'Amico, M., "Heuristic algorithms for the multi-depot ring-star problem", European Journal of Operation Research, Vol.203, No.1, 2010. 5, pp.270-281.