

# OpenFlow 기반의 네트워크에서 QoS를 보장하는 최적의 경로 생성 알고리즘

문승일<sup>o</sup>, 강형규, 홍충선\*, 이성원

경희대학교 컴퓨터공학과

moons85@khu.ac.kr, hkkang@networking.khu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr, drsungwon@khu.ac.kr

## Optimal Path Algorithm for QoS in OpenFlow-based Network

Seung Il Moon<sup>o</sup>, Hyeong Kyu Kang, Choong Seon Hong\* and Sungwon Lee  
Department. of Computer Engineering, Kyung Hee University

### 요 약

정보화 사회로 발전하고 네트워크가 큰 폭으로 발전함에 따라 사회에 대한 네트워크의 의존도가 커져가고 있다. 그러나 네트워크가 발전할수록 미래의 다양한 사용자 요구사항 및 새로운 네트워크의 한계성이 나타나고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 OpenFlow기법이 제안되었다. 본 논문에서는 이러한 OpenFlow기반의 네트워크를 관리하기 위해 VN Manager(Virtual Network Manager)와 이를 활용한 경로 관리 프로그램을 구현하였다. 또한 경로 생성시 QoS를 보장하기 위해 Admission Control이 가능하도록 하였다.

### 1. 서 론

급격하게 발전하는 통신 환경과 함께 사회는 점점 정보화 사회로 진화했으며, 네트워크는 우리 사회의 필수적인 인프라가 되었다. 그리고 이와 동시에 사회는 네트워크 의존적으로 발전해왔다. 그러나 네트워크가 발전해 갈수록 미래의 다양한 사용자 요구사항 및 새로운 네트워크의 진화 등으로 인한, 한계성을 보여주고 있다.[1]

본 논문에서는 인터넷에서 리소스 부족 문제 및 새로운 서비스를 인터넷에 적용하기 힘든 문제를 해결하고, 다양한 사용자의 요구를 만족시키기 위해 VN Manager(Virtual Network Manager)를 OpenFlow[2][3] 기반의 테스트베드 위에 구현 하였다. 그리고 구현된 VN Manager를 사용하여 보다 직관적이고 편리하게 OpenFlow기반의 네트워크를 관리할 수 있도록 경로 관리 프로그램을 구현하였다. 그리고 경로 생성 시 QoS를 보장하기 위해 Admission Control 기능을 경로 생성 알고리즘을 이용하여 구현하였다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 OpenFlow

OpenFlow는 서로 다른 스위치와 라우터의 플로우 테이블을 프로그래밍 할 수 있는 오픈 프로토콜을

제공한다. 아래 그림 1은 OpenFlow 스위치의 개념도를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 OpenFlow는 FlowTable, Secure Channel, OpenFlow Protocol의 세 개의 파트로 나눌 수 있다.

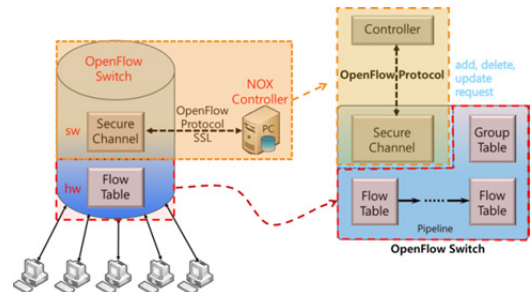


그림 1. OpenFlow 스위치의 개념도

FlowTable은 각 플로우 엔트리와 연관된 동작이 정의된 부분으로 이를 통해 스위치는 플로우에 대한 처리를 할 수 있으며, Secure Channel은 컨트롤러와 스위치 사이에서 명령어나 패킷이 전달 될 수 있도록 도와주는 역할을 한다. 마지막으로 OpenFlow Protocol은 공개되어있는 표준적인 방식을 제공함으로써 스위치와 Allocator가 서로 통신할 수 있도록 한다.

#### 2.2 NOX 컨트롤러

NOX컨트롤러[4][5]는 네트워크 컨트롤 플랫폼으로 high-level의 programmatic 인터페이스를 제공하며, NOX 컴포넌트의 프로그램이 NOX컨트롤러를 통해 구동되고 OpenFlow 스위치를 컨트롤한다.

본 연구는 한국방송통신전파진흥원의 차세대통신네트워크 원천기술개발사업 (10913-05004: 미래인터넷에서의 이동환경 및 네트워크 다양성 지원구조 연구)의 일환으로 수행되었음.

\*Dr. CS Hong is corresponding author.

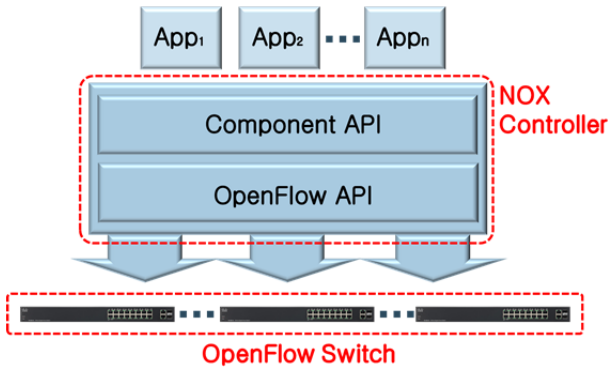


그림 2. NOX Components

그림 2에서 알 수 있듯이, NOX 컨트롤러에서 일반 PC의 응용프로그램과 같이 독립적으로 구동시킬 수 있는 캡슐화된 하나의 프로그램으로 NOX 컴포넌트를 정의할 수 있다. NOX 컴포넌트는 Core apps, Networks apps와 Web apps의 세 가지 컴포넌트로 구성된다. Core apps는 네트워크 app과 웹 서비스 기능을 제공하는 컴포넌트이며, Network apps는 실제로 네트워크를 다루기 위한 network app list이다. 마지막으로 Web apps는 Web service를 통해 NOX를 컨트롤하는 컴포넌트이다.

### 3. OpenFlow 기반 네트워크 경로 관리 시스템

#### 3.1 VN Manager (Virtual Network Manager)

본 논문에서는 OpenFlow 기반의 네트워크를 관리하기 위해 VN Manager(Virtual Network Manager)를 구현하였고, 그림 3은 VN Manager의 전체적인 개념도를 나타낸 것이다. VN Manager는 HTTP (Hypertext Transfer Protocol) 표준 통신 방법을 통해 API를 제공하며, 요청이 들어오면 그에 대한 결과를 XML (eXtensible Markup Language) 방식을 사용하여 전달하게 된다.

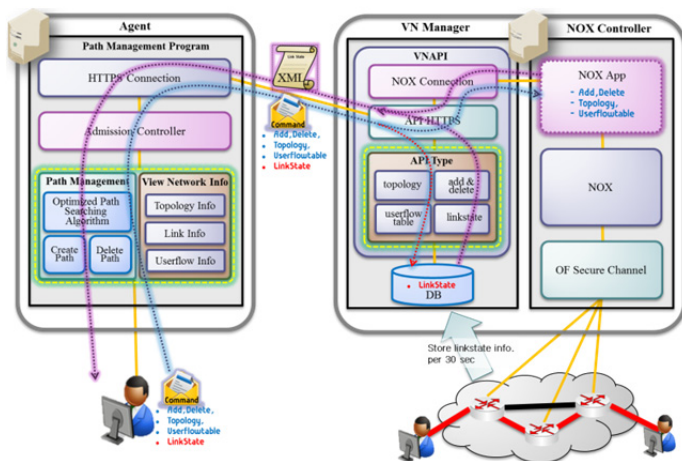


그림 3. VN Manager(Virtual Network Manager)의 개념도

이러한 VN Manager는 표 1에서와 같이 topology, add, delete, userflowtable, linkstate등과 같은 타입의 API를 제공한다.

표 1. VN Manager의 서비스 타입

API type	설명
topology	전체 OpenFlow 스위치의 id, 포트, 링크 정보 등을 제공한다.
add	가상의 플로우를 등록 한다.
delete	가상의 플로우를 제거 한다.
userflowtable	가상 망에 등록된 사용자 등록 플로우에 대한 정보를 제공한다.
linkstate	요구하는 링크에 대한 상태를 확인할 수 있다.

#### 3.2 경로 관리 프로그램

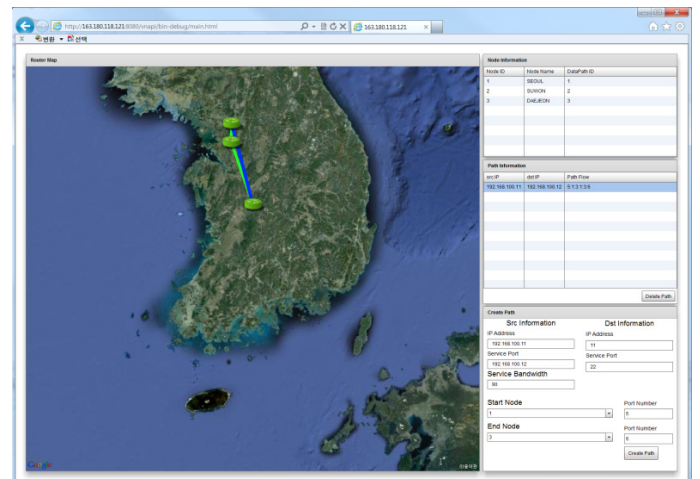


그림 4. 경로 관리 프로그램

그림 4는 VN Manager가 제공하는 기능을 사용하여 구현한 경로 관리 프로그램이다. OpenFlow 기반의 네트워크의 정보를 시각적으로 제공하기 위해 topology 타입을 사용하였다. 경로 생성 작업의 경우 사용자 하여금 토폴로지의 자세한 정보를 모르더라도 경로 생성에 필요한 정보를 입력하는 작업만으로 최적의 경로를 자동으로 생성할 수 있도록 하였다. 또한 삭제 작업 역시 생성된 경로를 선택한 후 삭제 버튼을 클릭하는 것만으로도 쉽게 진행 할 수 있다.

#### 4. QoS 보장을 위한 경로 생성 알고리즘

본 논문에서는 경로를 생성할 때 QoS를 보장하며 토폴로지의 상황에 맞는 최적의 경로를 자동으로 생성할 수 있도록 Admission Control 기능을 추가하였고, 이를 위해 경로 관리 프로그램에서 경로 생성 알고리즘을 구현하였다.

표 2. QoS 보장을 위한 경로 생성 알고리즘

```

SET Path Information for created
GET Link Information from Topology

FOR each Link in the list
  IF remaining bandwidth > required bandwidth THEN
    ADD Link to Available Link
  END IF
END FOR

FOR 0 to Number of Available Link
  COMPUTE Proportion of assigned bandwidth per total
  bandwidth
  SET Weight Array
END FOR

COMPUTE Shortest Path using Floyd Algorithm by Available Link
    
```

표 2는 경로를 생성하는 알고리즘의 수도코드이다. 사용자로부터 경로 생성에 필요한 정보를 입력 받고 토폴로지에서 연결된 링크의 정보를 가져온다. 그 후 각 링크의 할당 가능한 대역폭과 경로 생성에 필요한 대역폭의 크기를 비교한 후 할당 가능한 링크만을 선별하여 Available Link를 생성한다. 이렇게 생성된 Available Link를 사용하여 최단거리 탐색 알고리즘인 Floyd 알고리즘[6]을 사용하며, 이때 사용하는 가중치는 아래의 식과 같다.

$$\text{Weight} = \frac{\text{assigned bandwidth}}{\text{total bandwidth}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

할당 된 대역폭의 비율을 가중치로 사용함으로써 링크의 상태를 반영한 경로 선택이 가능하게 된다.

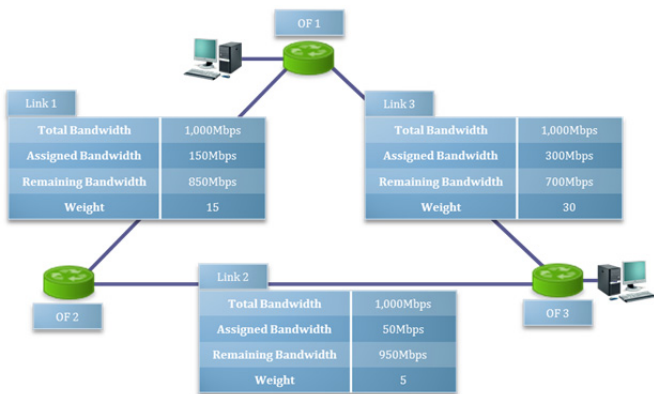


그림 5. 테스트베드 링크 정보

그림 5는 구축한 OpenFlow 기반의 테스트베드의 링크 정보를 도식화 한 것이다. 단순히 노드간의 홉 수를 가중치로 사용할 경우 OF1과 OF3사이의 최단 거리는 [OF1] - [OF3] 이다. 하지만 이는 링크의 할당

가능한 대역폭을 고려하지 않은 것으로 실제 환경에서 최적의 경로는 아니다. 식 (1)을 사용하여 가중치를 계산한 결과는 그림 5에서 링크 정보를 나타내는 표와 같다. 링크의 대역폭을 고려한 가중치를 기준으로 최단 경로를 구해보면, 위의 [OF1]-[OF2]의 경우 가중치의 합이 30이고 [OF1]-[OF2]-[OF3]의 경우 가중치의 합은 20으로 거쳐가는 노드의 수는 많지만 가중치를 기준으로 [OF1]-[OF2]-[OF3]이 최단 경로임을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구계획

본 논문에서는 OpenFlow 기반의 네트워크의 효율적인 관리를 위해 VN Manager를 구현하였고 이를 활용한 경로 관리 프로그램을 구현하였다. 경로 관리 프로그램에서는 경로 생성 시 QoS를 보장하는 방법의 일환으로 Admission Control기능을 추가하였으며 이를 위한 경로 생성 알고리즘을 적용 하였다. 그리고 실험을 통해 단순히 노드간의 홉 수를 기준으로 최단 경로를 구하는 것 보다 링크의 할당 가능한 대역폭을 반영하여 경로를 생성하는 것이 효율적임을 알 수 있었다.

하지만 보다 다양한 환경에서의 관리를 위해서는 고정된 정보를 사용하는 것뿐만 아니라 실시간으로 링크의 사용량을 측정하고 이를 반영함으로써 동적인 토폴로지의 상황을 반영한 최적의 경로 생성이 가능할 것으로 기대 되며, 앞으로 네트워크의 동적인 상황을 반영하여 최적화된 경로를 생성할 수 있는 기능을 추가 할 계획이다.

6. 참고 문헌

- [1] J.Pan, S.Paul, R.Jain, A Suray, "A Survey of the Research on Future Internet Architectures", IEEE Communications Magazine, pp26-36, July 2011
- [2] OpenFlow, <http://openflow.org>
- [3] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, and J. Turner, "OpenFlow: Enabling innovation in campus networks.", SIGCOMM Comput. Commun. Rev., 38(2):69-74, 2008.
- [4] Nox Controller, <http://noxrepo.org>  
<https://github.com/noxrepo/nox-classic/wiki>
- [5] N. Gude, T. Koponen, J. Pettit, B. Pfaff, M. Casado, N. McKeown, and S. Shenker, "NOX: Towards and operating", system for networks. In ACM SIGCOMM Computer Communication Review, July 2008.
- [6] R.W. Flod, "Algorithm 97 : shortest path", Comm. ACM 5 (1962) 345.