

논문 2018-1-6

# 스위치 연결구조 시뮬레이션 소프트웨어 개발

기장근\*, 권기영\*

## Development of Simulation Software for Switch Connection

Jang-Geun Ki\*, Kee-Young Kwon\*

### 요 약

최근 급속히 확장되고 있는 SNS 서비스를 비롯한 미래 인터넷 서비스들의 다양한 요구 조건들을 유연하게 지원할 수 있는 동적 망 구성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 동적 망 구성을 위해 필수적인 스위칭 요소들의 제어 구조를 가상적으로 시뮬레이션 할 수 있는 소프트웨어 환경을 구축하고, 이를 토대로 다양한 노드들 간의 동적 연결 구조에 대한 시뮬레이션을 통해 개발된 소프트웨어 환경이 미래 인터넷 응용 서비스를 제공하기 위한 동적 망 구성에 효율적으로 사용될 수 있음을 보였다.

### Abstract

There have been lots of researches about dynamic network configuration to support various needs and requirements of future Internet services as well as SNS services which is getting more popular these days.

In this paper, development of software environments is described to virtually simulate the control architecture of switching elements that are necessary to dynamically configure the networks. The developed software environments are run to show the effectiveness to study dynamic network configuration schemes for future Internet application services.

**한글키워드** : 스위치 연결 구조, 시뮬레이션, 소프트웨어 환경

**keywords** : switch connection architecture, simulation, software environments

## 1. 서론

다양한 정보 통신 서비스를 효율적으로 제공하기 위해 컴퓨터 장치 및 정보통신 장비들을 일정한 공간에 모아 놓고 집중하여 관리하던 과거와는 달리 광통신을 비롯한 네트워크 성능이 급

\* 공주대학교 전기전자제어공학부

(email: kjg@kongju.ac.kr)

접수일자: 2018.05.17. 심사완료: 2018.06.08.

게재확정: 2018.06.20.

속히 향상된 최근에는 거리나 지역에 상관없이 분산되어 있는 다양한 컴퓨팅 자원들을 동적으로 할당하고 이를 초고속의 동적 네트워킹으로 연결시켜주는 방안이 활발히 연구되고 있다.

특히 최근에는 많은 기업들이 컴퓨터 자원과 네트워크 자원을 직접 구축하지 않고, 인터넷을 통해 다양한 형태의 사업에 필요한 컴퓨팅 및 네트워킹 자원을 대여하는 IDC(Internet Data Center)의 서비스를 이용하는 경우가 급속히 증

가하고 있다. 참고문헌 [1]에 의하면 IoT를 비롯해 이동 전화, SNS 서비스, 빅 데이터 등 최근 이슈가 되고 있는 다양한 미래 기술 분야에 대한 많은 수요가 5G와 결합되어 데이터 센터의 혁신이 훨씬 더 빨리 확대될 것으로 전망하고 있다.

최근 HPE(Hewlett Packard Enterprise) 회사의 Synergy 시스템[2], Cisco사의 UCS(Unified Computing System) 서버[3] 등이 인터넷 자원들의 동적 구성을 위한 가상 인프라를 지원하고 있지만 매우 제한적이며, 앞으로의 다양한 미래 서비스들의 요구를 효율적으로 만족시키기 위해서는 많은 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 분산되어 있는 컴퓨팅 자원 및 이들을 연결하는 네트워크 자원들의 동적 제어를 효율적으로 연구할 수 있는 시뮬레이션 소프트웨어 환경을 구축하고, 구축된 환경에서 다양한 연결 능력을 시뮬레이션 해 봄으로써 개발된 환경이 동적 네트워킹 연구에 효율적임을 보였다.

## 2. 연결 스위치 동작 및 구조

본 연구에서 기본 모델로 하고 있는 Nirmal Kumbhare[4]의 JITA(Just In Time Architecture) 구조를 위해 설계된 광 스위치의 동작 구조를 그림 1에 나타 내었다. 그림에서 스위칭 셀들은 각각 입력과 출력 광 도파관을 형성하는 직각 형태의 리지 광 도파관 2개로 구성되며, 2개의 AVCs(Active Vertical Couplers)가 이 구조의 교차점 상에 놓이는 구조를 가진다. 이와 같은 구조의 스위칭 셀은 기본적으로 그림 2에 나타낸 것과 같이 입출력 포트들을 연결할 수 있다. 그러나 이런 기본구조의 스위칭 셀로는 필요에 따른 1대다 연결 필요성을 만족시키기 어려움으로 본 연구에서는 그림 3과 그림 4에 나타낸

것과 같은 다양한 연결 구조를 지원한다고 가정하고 이러한 스위칭 연결 구조를 시뮬레이션 할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 그림 2에 나타낸 스위칭 셀 연결 구조는 1:1 통신에 적합한 구조이고, 그림 3은 1:2 연결 구조를 지원할 때 필요한 구조이고, 그림 4는 1:3 이상의 일대다 연결 구조를 지원하기 위해 사용될 수 있다.

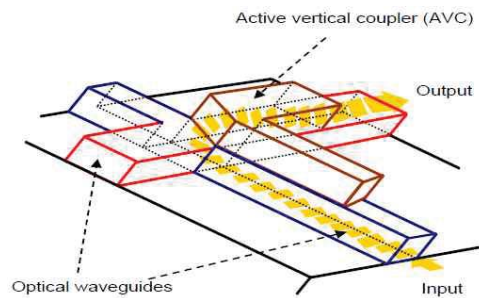


그림 1. 기본 스위치셀 구조[4]  
Fig. 1. Basic switching cell structure[4]

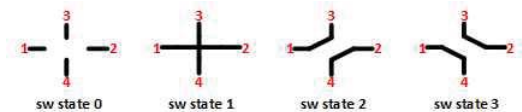


그림 2. 1:1 연결을 위한 기본 스위칭 구조[5,6]  
Fig. 2. Basic switching structure for 1:1 connection

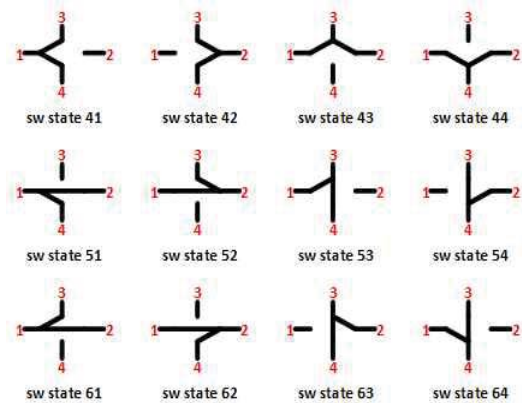


그림 3. 1:2 연결을 위한 확장 스위칭 구조[5,6]  
Fig. 3. Extended switching structure for 1:2 connection[5,6]

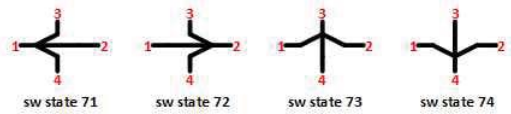


그림 4. 일대다 연결을 위한 확장 스위칭 구조  
Fig. 4. Extended switching structure for 1:multiple connections

그림 2와 그림 3에 나타낸 스위칭 구조에 대한 상세한 설명은 본 연구의 선행연구로 수행된 참고문헌 [5]와 [6]에 각각 기술 되어 있다. 그림 4는 앞의 선행연구를 토대로 본 논문에 추가된 스위칭 구조를 나타내며, 1:3 이상의 효율적인 다중 연결을 위해 추가되었다.

### 3. 스위치 동적연결 시뮬레이션 소프트웨어 환경 구축

데이터 센터의 구성 자원들은 CPU 모듈을 비롯해 GPU(Graphic Processing Unit), 메모리, 저장장치 등 다양한 장치들로 구성될 수 있으며, 이들을 동적으로 연결하기 위한 스위치 구조는 효율적으로 스위칭 셀들을 제어할 수 있어야 하고, 또한 다른 인터넷 자원들과의 연결 통로도 용이하게 제공할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 데이터 센터를 구성하는 자원들간의 다양한 연결을 효율적으로 지원할 수 있도록 하기 위해 자원간 최단경로 계산 알고리즘을 Python 프로그램을 이용해 개발하고, 이를 토대로 스위칭 셀들의 상태를 동적으로 제어할 수 있는 제어 프로그램 환경을 구축하였다.

개발된 스위칭 셀 제어 프로그램의 기능을 검증하기 위해 최근 가상머신 상에서 동작하는 Mininet을 이용한 다양한 크기의 스위치 구조를 시뮬레이션 할 수 있는 환경을 구축하였다. 가상

머신은 각 시스템의 하드웨어를 소프트웨어적으로 구현하고 이를 토대로 다양한 운영체제나 응용 프로그램을 실행시킬 수 있도록 하는 기술을 말하며, 하나의 물리적 시스템에서 원하는 만큼의 다양한 가상 시스템을 구동시킬 수 있다. 최근 많이 사용되는 가상머신으로는 오라클사에서 무료로 제공하는 VirtualBox[7]와 상용으로 판매되고 있는 VMware[8] 등이 있으며, 본 논문에서는 VirtualBox를 이용한 시뮬레이션 환경을 구축하였다.

Mininet[9,10]은 개인용 컴퓨터 상에서도 쉽게 가상 네트워크 환경을 구성하여 SDN(Software Defined Network) 같은 망 환경을 시뮬레이션해 볼 수 있는 오픈 소스 에뮬레이터 프로그램이다. 본 논문에서는 Mininet의 명령어를 이용해 가상 망 토폴로지를 구성하고 연결 링크 및 스위칭 노드들과 호스트 노드들 및 스위치를 제어하는 컨트롤러 노드를 자동 생성하도록 Python 프로그램을 개발하였다. 컨트롤러 노드를 위한 프로그램은 별도의 Python 프로그램으로 개발되었으며, 데이터 센터 자원들을 의미하는 호스트 노드들간의 최단거리 연결 알고리즘을 이용해 필요한 경로를 설정하고 해당 스위치 노드들의 동작을 제어한다.

전체적인 스위칭 셀 제어 시뮬레이션을 위한 소프트웨어 환경 및 동작 절차는 다음과 같다.

- PyCharm 프로그램을 이용한 Vagrantfile 실행을 통해 VirtualBox 가상머신 동작시킴
- VirtualBox 가상머신 상에서 스위치 구조 생성 및 동작을 위한 Python 언어 프로그램 실행시킴. 이 스위치를 구성하는 각 스위칭 셀들은 아래의 스위치 제어 프로그램에서 보내는 명령어에 따라 동작모드가 자동 설정됨
- 스위치 연결구조를 제어하기 위한 Ryu 컨트롤러 제어 프로그램을 실행시킴

- 스위치 구조 시뮬레이션 프로그램에서 Ping 등의 명령어를 이용해 데이터 센터 구성 자원간 연결 상태를 확인

Pycharm[11]은 Python 프로그램을 개발하기 위한 환경을 제공하는 에디터로 최근 개발자들에 의해 많이 사용되고 있다.

Ryu[12]는 컴포넌트 기반의 SDN(Software Defined Network) 프레임워크로서, OpenFlow, Netconf, OF-config 등과 같은 망 디바이스들을 관리하기 위한 다양한 프로토콜을 지원하고 있다.

#### 4. 기능 검증 및 성능 분석

본 논문에서 개발된 스위치 연결구조 시뮬레이션 소프트웨어의 기능을 검증하고 성능을 분석하기 위한 예로 그림 5 ~ 그림 7에 10x10 스위치 구조의 시뮬레이션 결과들을 요약하여 나타내었다.

연결 성공 확률은 NxN 스위치 구조에서 1:n 연결의 경우 아래와 같은 식을 이용해 구해진다.

연결 성공 확률

$$= \frac{\text{성공한 } 1:n \text{ 연결수}}{\text{가능한 } 1:n \text{ 연결수}}$$

$$= \frac{\text{성공한 } 1:n \text{ 연결수}}{\text{floor}\left[\frac{4N}{n+1}\right]}$$

그림 5는 10x10 스위치 구조에서 1:n 연결의 성공 확률을 보여주고 있다. 표 1에는 10x10 스위치 구조에서 1:n 연결이 몇 개까지 가능한지를 나타내었다. 그림 5에서 1:n 연결의 최대 개수가 변하는 n 값에서 연결 성공 확률이 조금 증가

했다가 이후 조금씩 감소하는 현상을 볼 수 있으며, 전체적으로 연결 성공 확률은 50~60% 정도임을 그래프에서 확인 할 수 있다.

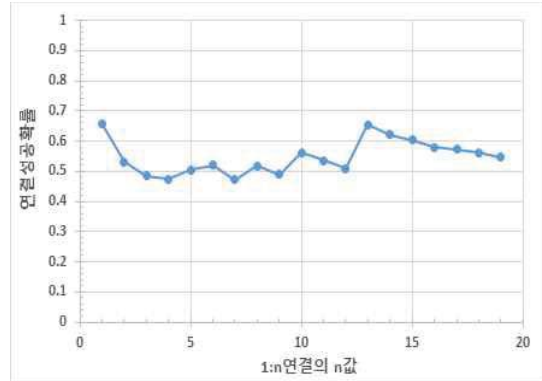


그림 5. 연결 성공 확률  
Fig. 5. Connection success probability

표 1. 1:n 연결 최대 개수  
Table 1. maximum number of 1:n connections

n값	1:n 연결 최대개수	n값	1:n 연결 최대개수
1	20	11	3
2	13	12	3
3	10	13	2
4	8	14	2
5	6	15	2
6	5	16	2
7	5	17	2
8	4	18	2
9	4	19	2
10	3	20~39	1

평균 연결 길이는 1:n 연결을 구성하는 n개의 연결 경로의 평균 길이를 말하며, 각 경로의 길이는 경로상의 모든 스위치 노드 수에 2(소스 및 목적지 호스트 노드 수)를 합친 값으로 계산된다.

그림 6은 1:n 연결의 각 경로별 평균 길이를 나타낸다.

스위치 미사용률은 아래 식에 의해 구해진다.

스위치 미사용률

$$= \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{성공한 } 1:n \text{ 연결의 어떤 경로에도} \\ \text{포함되지 않은 스위치 수} \end{array} \right\}}{N * N}$$

그림 7은 10x10 스위치 구조에서 1:n 연결별 미사용 스위치 비율을 나타낸다.

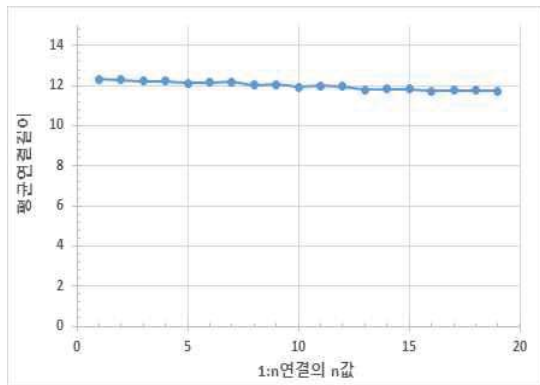


그림 6. 평균 연결 길이  
Fig. 6. Average connection length

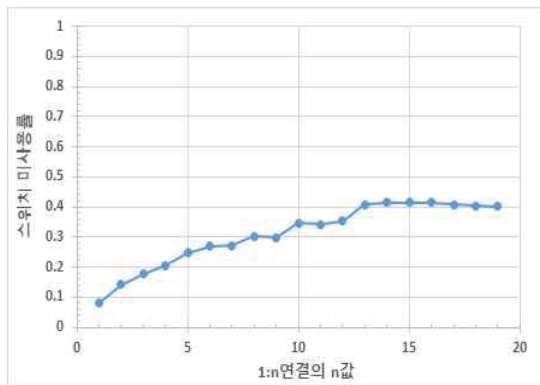


그림 7. 스위치 미사용률  
Fig. 7. Switch unused ratio

## 5. 결론

최근 급격히 증가하고 있는 IoT(Internet Of Things) 서비스 등으로 인해 네트워크 인프라 수요와 함께 데이터 센터의 수요 또한 급격히 증가하고 있다. IoT 세상이 도래함에 따라 데이터를 수집하고 처리하며, 전송하고 공유하는데 필요한 데이터 센터의 역할이 인터넷 클라이언트 서비스 제공의 성공 여부에 큰 영향을 미치게 된 것이다. 앞으로 무인 자동차에서부터 스마트 폰에 이르기까지 많은 수의 응용 서비스 디바이스들이 5G를 이용해 데이터 센터에 접근할 것으로 예상되며, 따라서 수많은 고대역의 애플리케이션들을 어떻게 프로버저닝하고 동적으로 기능 추가나 지원을 할 것인지가 중요 이슈가 된다.

본 논문에서는 데이터 센터 구성 등을 위한 스위치 연결 구조 시뮬레이션 소프트웨어를 개발하고 다양한 스위치 구성에 대한 시뮬레이션을 통해 기능 검증 및 성능 분석을 수행하였다. 앞으로 데이터 센터 구성요소들간의 일대다 연결을 최적화 할 수 있는 방안에 대한 심도있는 연구가 진행될 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] Dennis Kom, “2018년 데이터센터 전망: 속도가 생명이다”, <http://www.ciokorea.com/news/36756>, Dec. 2017.
- [2] Hewlett Packard Enterprise, “HPE Synergy”, <https://www.hpe.com/us/en/integrated-systems/synergy.html>, 2017.
- [3] Cisco, “Cisco UCS M-Series Modular Servers datasheet”, <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/servers-unified-computing/ucs-m-series-modular-servers/datasheet-c78-732667.html>, 2017.

[4] Nirmal Kumbhare, Cihan Tunc, Salim Hariri, Ivan Djordjevic, Ali Akoglu, Howard Jay Siegel, "Just In Time Architecture (JITA) for Dynamically Composable Data Centers", IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA), Nov.29-Dec.2, 2016.

[5] 기장근, "데이터센터 구성요소 동적 연결 구조 성능 분석", 한국소프트웨어감정평가학회 논문지, 13권 1호, pp.51-55, Jun. 2017.

[6] 기장근, "데이터센터 동적 구성을 위한 스위칭 셀 상태 개선", 한국소프트웨어감정평가학회 논문지, 13권 2호, pp.37-42, Dec. 2017.

[7] Oracle, "VirtualBox", <https://www.virtualbox.org/>, 2018.

[8] VMware, <https://www.vmware.com/kr.html>, 2018.

[9] Mininet, <http://mininet.org/>, 2018.

[10] SDN ub, "All-in-one SDN App Development Starter VM", <http://sdnhub.org/tutorials/sdn-tutorial-vm/>, 2018.

[11] Jet Brains, "PhCharm", <https://www.jetbrains.com/pycharm/>, 2018.

[12] Ryu, "Component-based software defined networking framework", <https://osrg.github.io/ryu/>, 2018.

저 자 소 개



기장근(Jang-Geun Ki)

1986.2 고려대학교 전자공학과 졸업  
 1988.2 고려대학교 전자공학과 석사  
 1992.2 고려대학교 전자공학과 박사  
 2002.6-2003.6 Univ. of Arizona 방문교수  
 2010.6-2011.8 Univ. of Arizona 방문교수  
 2016.8-2017.8 Univ. of Arizona 방문교수  
 1992.3-현재 : 공주대학교 공과대학 전기전자 제어공학부 교수  
 <주관심분야> 통신프로토콜, 이동통신시스템



권기영(Kee-Young Kwon)

1981.2. 고려대 전자공학과 졸업  
 1983.2. KAIST 전기및전자공학과 석사  
 1988.2. KAIST 전기및전자공학과 박사  
 1988.3.-1991.2 (주)삼성전자 기흥 반도체연구소 선임연구원  
 1991.3.-현재 공주대학교 공과대학 전기전자 제어공학부 교수  
 2000.3.-2001.2. Southern Methodist University 방문교수  
 <주관심분야> 반도체, 광통신