

# 사용자 요구에 의한 Dynamic Circuit Network 구현 및 검증

강형규, 송왕철, 홍충선<sup>o</sup>

경희대학교, 제주대학교, 경희대학교

hkkang@networking.khu.ac.kr, philo@jejunu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr

## On Demand Dynamic Circuit Network Implementation

Hyung Kyu Kang, Wang Cheol Song and Choong Seon Hong<sup>o</sup>

Kyung Hee University, Jeju National University

### 요 약

본 논문은 원격에서의 의료 기술이나, 대용량을 요구하는 실시간 협업 등에서 사용자의 요구에 따라 빠르게 요구 대역폭을 할당하고 보장하기 위한 Dynamic Circuit Network 구현 방법을 기술 하였다. 이를 위해 QoS, MPLS, RSVP 기술을 기반으로 2계층의 LSP를 동적으로 할당할 수 있도록 하였으며, 사용자는 이를 웹 기반의 인터페이스(web-based user interface)를 통해 쉽게 서비스 받을 수 있도록 하였다.

### 1. 서 론

매년 인터넷 상에서 트래픽 증가량은 가파른 상승 곡선을 보이고 있으며, 특히 대용량 파일 전송 서비스(FTP, P2P) 또는 미디어 데이터와 같은 스트리밍 전송에 따른 트래픽 증가가 주를 이루고 있다. 그러나 이런 증가에도 불구하고 기존의 네트워크는 확장이 어렵고 유연성이 부족하며 무엇보다도 품질 보장을 제공하지 않아 응용계층에서의 다양한 서비스의 요구사항을 맞춰주지 못하고 있다.

서비스의 품질을 보장하는 일은 앞으로 미래 인터넷에서 제공되는 서비스를 위한 새로운 요구사항으로 볼 수는 없지만, 현 IP 기반의 인터넷의 가장 근본적인 제약으로 꼽히는 서비스 품질 제공은 여전히 미래 인터넷 설계 목표에서 빠질 수 없는 중요 요소 중에 하나이다. 현 네트워크에서 QoS 문제는 패킷교환 네트워크(packet switched network)에서 인터넷이 특별히 개별 플로우(Flow) 또는 하나의 인터넷 연결에 대해서 더 우선권을 부여하지 않기 때문에 발생하는 문제이다. 우선권이 없다는 것은 곧 모든 인터넷 연결이 같은 중요도를 가지고 서비스를 받는다는 것을 뜻하며, 이를 보장하기 위해서는 네트워크의 변화가 필요함을 나타낸다.

서비스의 요구 대역폭을 보장하기 위한 기술로는

회선교환 네트워크(circuit switching network)가 쉽게 실현 가능한 방법이라 할 수 있는데, 이는 종단 간 연결(end-to-end connection)에서 전용 경로와 자원 예약 서비스를 제공 함으로서 데이터가 전송되는 동안 사용자가 요구하는 대역폭을 보장할 수 있도록 해준다.

본 논문에서는 사용자가 요구하는 요구 대역폭을 할당하고 보장할 수 있는 DCN 서비스를 제공하기 위한 구현 및 검증 방법으로서, 2장에서 기반 기술을 소개하고 3장에서 구현 방법 및 검증을 한다. 검증 방법으로는 lperf[1] 툴을 사용하여 사용자의 요구에 의해 할당된 DCN이 QoS 대역폭에 맞춰 보장 되는지를 검증한다. 끝으로 4장에서 본 논문의 결론 및 향후 개선방향에 대해 기술하였다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 MPLS (Multiprotocol Label Switching)

MPLS[2] 기술은 기본적인 규격에 대한 표준화가 완료된 기술로서 이는 IP망 내에 비 연결 형태로 동작하는 논리 채널인 LSP(Label Switched Path)[2]를 구성하여 구동 방식을 연결 형태로 동작하도록 함으로써 IP 트래픽 플로우의 제어가 가능하도록 한 기술이다. MPLS는 코어 네트워크에서 패킷 내에 레이블(Label)을 붙여 L2 스위칭에 의해 패킷을 전달함으로써 IP 라우팅의 성능과 확장성을 개선하고, 레이블을 통한 빠른 패킷 라우팅과 트래픽 엔지니어링을 제공할 수 있게 한 IP 네트워크 기술이다.

“이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임”(No. 2009-0083838), <sup>o</sup> Dr. CS Hong is the corresponding author. 연구재단

레이블은 패킷 헤더에 부착되어 L2에서 패킷을 포워딩 하는데, 이 때 코어망 내에서 유입되는 패킷의 레이블만을 확인하여 다음 경로를 결정 하도록 함으로써 전용 경로를 지정 할 수 있으며 또한 회선교환 네트워크의 특징인 대역폭을 보장을 제공할 수 있다.

## 2.2 RSVP (Resource Reservation Protocol)

사용자에게 멀티미디어와 같은 스트리밍 서비스에 관한 품질을 보장해 주기 위해서는 각각의 사용자에게 개별 QoS를 제공해야 한다. 이를 위해 IETF 에서 RSVP[3]라는 QoS보장형 서비스 모델이 표준화 되었으며 이는 RSVP라는 신호 프로토콜로서 사용자에게 서비스에 관한 품질 보장을 제공하고자 하는 서비스이다.

RSVP의 동작은 다음과 같이 요약될 수 있다. RSVP 세션의 송신단은 플로우 정보와 경로 상태정보를 실은 RSVP 경로 메시지를 주기적으로 전송한다. 이때 경로 상태정보는 각 망 요소의 트래픽 제어 모듈에 전달되어 필요한 정보를 수집하고 갱신되어 다음 망 요소로 전달된다. 최종적으로 RSVP 세션의 수신단에 도착한 RSVP 경로 메시지는 수신단에 의해 플로우 정보와 경로 상태정보를 확인하게 되며 수신단은 자원예약을 요청 하기 위한 RSVP 응답메시지를 만든다. 그리고 이 메시지는 자원예약을 위한 QoS 파라미터와 자원예약 스타일을 결정하는 정보를 포함하여 송신단이 보낸 경로 메시지가 거처온 방향의 역 방향으로 거슬러 올라가면서 자원 예약을 시작하게 된다.

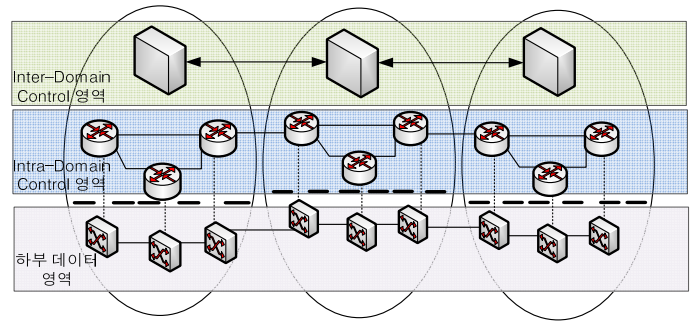
## 3. 구현 및 검증

### 3.1 DCN 시스템 구성

#### 3.1.1 시스템 구성

사용자 요구에 의한 회선 네트워크상의 대역폭을 동적으로 할당하기 위하여 시스템을 하부 데이터 영역, Intra-domain, Inter-domain 세 부분으로 구성하였다. [그림 1]은 각 영역의 위치와 서로간의 연결 구성을 나타내며, 아래의 항목은 [그림 1]에서의 세 영역의 특징을 기술하였다.

- 하부 데이터 영역: 실제 DCN이 구성되어 데이터가 흘러가는 영역으로서 이는 Intra-domain에서의 컨트롤러가 SNMP[4]와 CLI접속을 이용하여 해당 스위치에 VLAN tagging과 QoS를 설정함으로써 DCN 환경이 구성된다.
- Intra-domain 영역: 해당 도메인에서 가능자원을 파악하고 할당하며 또한 하부 데이터 영역의



[그림 1] DCN 구성도

Circuit Switch를 조정하게 된다. 이 때 Intra-domain의 각 컨트롤러는 이웃 컨트롤러와 GRE 터널[5]을 구성하여 서로간의 정보를 공유하고, 경로구성 시 서로간의 요청에 의해 DCN이 구성 되게 된다. 그리고 각 컨트롤러는 하부 영역의 Circuit Switch와 1:1로 매칭되어 DCN을 구성하게 된다.

- Inter-domain 영역: End-to-End 경로 구성 시 Intra-domain영역을 벗어난 외부 영역으로의 경로 설정이 필요할 때 Intra-domain 컨트롤러는 이웃 도메인 컨트롤러의 상호 연결을 통해 토폴로지 교환 및 가용 경로를 탐색하고 설정하게 된다.

#### 3.1.2 사용자 목적지 경로 예약(Reservation)

시스템은 사용자 목적지 경로를 계산하기 위해서 그래프 기반 알고리즘을 사용한다. 그래프를 그리기 위한 토폴로지와 가용 정보는 Intra-domain의 컨트롤러로부터 정보를 수집하게 되며, 수집된 정보는 도메인 데이터베이스에 저장되어 사용자로부터 새로운 DCN을 요청하였을 때 기본 그래프를 그리기 위한 정보로 사용하게 된다.

경로 계산은 사용자로부터 주어진 출발지 주소, 목적지 주소, 요구 대역폭, VLAN Tagging, 시간 정보를 기반으로 그래프가 그려지게 되는데 이 때 기존의 예약된 회선과 가용 대역폭 그리고 VLAN Tagging의 이용 유무를 도메인 데이터베이스로부터 확인하여 가용 가능한 노드들을 통해 기본 그래프가 그려지게 된다. 기본 그래프는 마지막으로 Dijkstra shortest path algorithm[6]을 이용하여 최단 경로를 계산하고 DCN 컨트롤러에 의해 사용자에게 DCN을 제공하게 된다.

#### 3.1.3 사용자 요구 자원 할당

기본적으로 사용자 요구 자원을 할당은 가용 가능한 자원 내에서 할당이 이루어지며, 초과 지원은 하지 않는다. 사용자로부터 새로운 DCN을 요청 받을 때 사용자 인터페이스인 WBUI(Web-Based User Interface)를 이용하게 되는데, 사용자는 WBUI를 통해

```

Spanning-tree extend system-id
|
vlan internal allocation policy ascending
|
class-map match-all class-map-if-gi0/3
| match input-interface GigabitEthernet0/3
| class-map match-all class-map-if-gi0/4
| match input-interface GigabitEthernet0/4
|
|
policy-map policy-map-if-101
| class class-map-if-gi0/3
| police 100000000 500000 exceed-action drop
| class class-map-if-gi0/4
| police 100000000 500000 exceed-action drop
| policy-map policy-map-vlan-101
| class class-default
| set dscp 7
| service-policy policy-map-if-101
|
|
interface GigabitEthernet0/1

```

[그림 2] Cisco 3750에 적용된 QoS map

출발지 주소, 목적지 주소, 요구 대역폭, VLAN Tagging, 시작시간과 종료시간을 입력 받게 된다. 사용자로부터 주어진 정보와 도메인 데이터베이스의 정보를 통해 DC(Domain Controller)는 경로를 계산하고 해당 경로상의 CSC(Circuit Switch Controller)에 요청하여 DCN을 구성하게 되는데, 이 때 CSC는 Circuit Switch에 SNMP와 CLI접속을 통해 스위치 정보 획득과 VLAN tagging 및 대역폭 설정을 하게 된다.

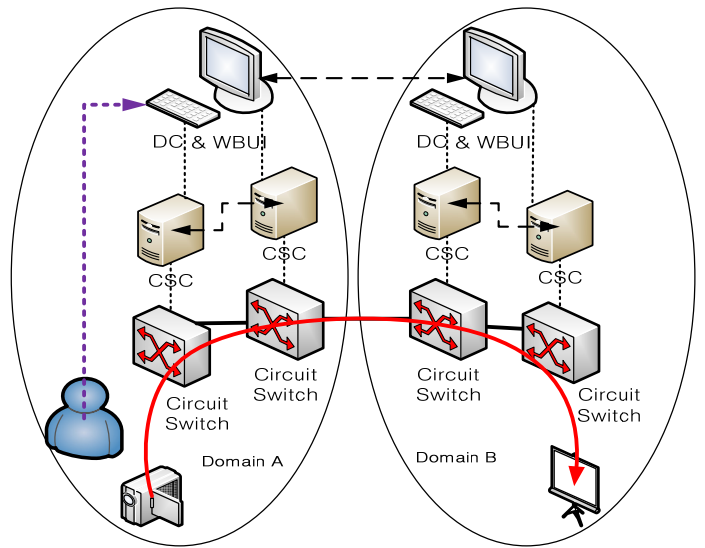
요구 대역폭의 경우 스위치의 policy-map을 이용하게 되는데 [그림 2]는 Cisco 3750[7]에 적용된 QoS policy-map을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 지나가는 경로에 해당하는 Ingress/egress포트에 대해 class map을 적용하고 해당 vlan에 대해 대역폭 상한선을 적용하여 사용자의 요구 대역폭을 할당하게 된다.

### 3.1.4 대역폭 예약 시스템 동작 시나리오

[그림 3]은 대역폭 동적 할당 시스템 동작 시나리오를 나타낸 그림이다. 사용자가 DCN을 예약하기 위해서는 WBU를 통해 요구 조건을 입력하게 되며, DC는 요구정보와 도메인 정보를 비교하여 요청가능한지 여부를 파악한다. 이 때 외부 도메인으로의 경로가 필요할 시에는 이웃 DC와의 토폴로지 정보교환을 통해 외부 도메인으로의 경로가 구성된다. 그리고 수 초 후 경로가 구성되면 WBU를 통해 사용자에게 서비스 여부를 알려주게 되며, 사용자는 데이터 회선을 통하여 요구 대역폭이 보장되는 end-to-end 통신을 할 수 있게 된다. 현재 사용자가 시스템에 예약을 요청한 후 DCN이 구성되는데 걸리는 시간은 대략 30초 내외가 소요되고 있다.

### 3.2 Iperf를 이용한 QoS 검증

시스템의 QoS를 검증하기 위해 Iperf를 이용하였으며,



[그림 3] 대역폭 동적 할당 시스템 동작 시나리오

```

-----
Client connecting to 12.1.1.3, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 109 KByte (default)
-----
[ 3] local 12.1.1.2 port 41421 connected with 12.1.1.3 port 5001
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 3] 0.0- 1.0 sec   96.8 MBytes 812 Mbits/sec
[ 3] 1.0- 2.0 sec   96.6 MBytes 810 Mbits/sec
[ 3] 2.0- 3.0 sec   96.6 MBytes 810 Mbits/sec
[ 3] 3.0- 4.0 sec   96.6 MBytes 811 Mbits/sec
[ 3] 4.0- 5.0 sec   96.7 MBytes 811 Mbits/sec
[ 3] 5.0- 6.0 sec   96.6 MBytes 810 Mbits/sec
[ 3] 6.0- 7.0 sec   96.6 MBytes 810 Mbits/sec
[ 3] 7.0- 8.0 sec   96.7 MBytes 811 Mbits/sec
[ 3] 8.0- 9.0 sec   96.6 MBytes 810 Mbits/sec
[ 3] 9.0-10.0 sec   96.6 MBytes 810 Mbits/sec
[ 3] 0.0-10.0 sec   966 MBytes 811 Mbits/sec
[ 3] Sent 689219 datagrams
[ 3] Server Report:
[ 3] 0.0-10.2 sec  116 MBytes 95.0 Mbits/sec 15.681 ms 606436/689211 (88%)
[ 3] 0.0-10.2 sec  1 datagrams received out-of-order

```

```

-----
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 109 KByte (default)
-----
[ 3] local 12.1.1.3 port 5001 connected with 12.1.1.2 port 41421
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth    Jitter  Lost/Total Datagrams
[ 3] 0.0- 1.0 sec   12.0 MBytes 101 Mbits/sec 0.037 ms 60443/69016 (88%)
[ 3] 1.0- 2.0 sec   11.6 MBytes 97.0 Mbits/sec 0.024 ms 60637/68882 (88%)
[ 3] 2.0- 3.0 sec   11.6 MBytes 96.9 Mbits/sec 0.023 ms 60632/68876 (88%)
[ 3] 3.0- 4.0 sec   11.5 MBytes 96.9 Mbits/sec 0.023 ms 60701/68939 (88%)
[ 3] 4.0- 5.0 sec   11.6 MBytes 97.0 Mbits/sec 0.027 ms 60706/68957 (88%)
[ 3] 5.0- 6.0 sec   11.6 MBytes 97.0 Mbits/sec 0.023 ms 60641/68886 (88%)
[ 3] 6.0- 7.0 sec   11.6 MBytes 97.0 Mbits/sec 0.018 ms 60639/68884 (88%)
[ 3] 7.0- 8.0 sec   11.6 MBytes 96.9 Mbits/sec 0.029 ms 60740/68982 (88%)
[ 3] 8.0- 9.0 sec   11.6 MBytes 97.0 Mbits/sec 0.026 ms 60658/68904 (88%)
[ 3] 9.0-10.0 sec   11.6 MBytes 97.0 Mbits/sec 0.093 ms 60640/68885 (88%)
[ 3] 0.0-10.2 sec   116 MBytes 95.0 Mbits/sec 15.682 ms 606436/689211 (88%)
[ 3] 0.0-10.2 sec  1 datagrams received out-of-order

```

[그림 4] Iperf를 이용한 QoS 대역폭 검증

Iperf는 NLANR/DAST[8]에 의해 개발된 측정 툴로서 양 단말간의 경로에 대한 최대 TCP/UDP의 대역폭과, 지연 지터(delay jitter) 그리고 패킷 손실 등을 검증할 수 있는 툴이다.

[그림 4]는 Iperf를 이용한 QoS 대역폭을 검증한 그림이다. WBUI를 통하여 양 단말간의 DCN의 대역폭을 100Mbps/sec로 설정하였으며 각 단말에는 1G급 이더넷 카드를 설치하였다. 그리고 양 단말에 Iperf를 구동하여 대역폭을 측정하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 이더넷 카드의 최대 대역폭은 대략 810Mbps/sec가 나왔으며, 실제 전송되는 대역폭은 평균 95.0Mbps/sec로 요구 대역폭 상한인 100Mbps/sec에 근접했음을 알 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 MPLS 와 RSVP 를 응용하여 사용자가 웹을 통해 사용자 요구에 기반하여 DCN 을 구성할 수 있는 시스템에 대해 기술하였으며, 특히 사용자가 DCN 을 통해 사용자의 요구 대역폭 보장에 중점을 두었다. 그리고 대역폭 보장에 대한 검증을 위하여 Iperf 툴을 사용하였으며 이를 통해 사용자가 요구하는 대역폭에 대한 검증을 보였다.

향후 계획으로써 컨트롤 영역과 데이터영역의 통합의 필요성과 사용자에게 미리 할당된 대역폭의 효율적 사용을 위한 개선이 요구되며, 다음은 이 두 가지 개선점에 대한 설명이다.

첫째, 현 시스템은 컨트롤 영역과 데이터 영역이 분리되어있어 사용자가 서비스를 받기 위해서는 두 개의 회선이 필수적으로 필요하며 이는 DCN 을 사용하지 않을 경우 회선이 휴지상태가 되어 자원을 최대한으로 사용하는데 있어 걸려된다 볼 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 컨트롤 영역과 데이터 영역의 통합이 필요하며, 이는 다시 말해 패킷교환과 회선교환의 통합을 의미한다.

둘째, 사용자가 가용한 자원 이상으로 자원 예약을 요청할 경우 나타나는 문제로서 현 시스템은 가용 가능한 자원 이상의 DCN 을 지원하지 않는 문제가 있다. 회선 네트워크가 end-to-end 에 대한 전용 회선이라 할 수 있지만, 실질적으로 사용자가 요구하는 대역폭을 최대한으로 사용한다고 할 수 없으며, 이는 앞에서 언급했던 자원에 대한 휴지상태라 볼 수 있다. 이를 해결 하기 위해서는 사용자의 느슨한 예약(Soft Reservation)이 필요하며, 이는 일정 대역폭을 지원하더라도 사용자의 사용 대역폭을 수시로 확인하여 유동적인 대역폭 할당이 필요함을 나타낸다.

#### 참고 문헌

- [1] "Iperf", <http://www.noc.ucf.edu/Tools/Iperf/>
- [2] A. Viswanathan, "Multiprotocol Label Switching Architecture", IETF, RFC3031, Jan, 2001
- [3] L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)", IETF, RFC2205, Sep, 1997
- [4] B. Wijnen, "n Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks", IETF, RFC3411, Dec, 2002  
<http://netsnmp.sourceforge.net/docs/man/snmpwalk.html>
- [5] S. Hanks, "Generic Routing Encapsulation over IPv4 networks", IETF, RFC1702, Oct, 1994,
- [6] E. Dijkstra, "A note on two problems in connexion with graphs", Numer.Math, pp.269-271, Jan, 1959
- [7] "Cisco Catalyst 3750" Series Switches, <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/products5023/index.html>
- [8] "NLANR/DAST", <http://dast.nlanr.net/>