

광대역폭 기반의 응용지원을 위한 DCN 구축

강민협*, 강무삼* 송왕철*

*제주대학교 컴퓨터공학과

kang-min-hyup@hanmail.net

kangm3@hanmir.com

philo@jejunu.ac.kr

DCN Deployment and Interoperation to support Broadband based Applications

Min-Hyup Kang*, Moo-Sam Kang*, Wang-Cheol Song*

*Dept of Computer Engineering, Jeju National University

요 약

본 논문은 대용량을 요구하는 멀티미디어와 같은 스트리밍 서비스등 이에 관한 품질을 사용자의 요구에 따라 빠르게 요구 대역폭을 할당하고 보장하기 위한 광대역폭 기반의 응용지원을 위한 DCN (Dynamic Circuit Network)을 구축 및 검증하는 내용을 기술 하였다. 이를 위해 GMPLS, RSVP, OSPF 등의 기술을 기반으로 2계층의 LSP를 동적으로 할당할 수 있게 하였으며, WBUI(Web-based User Interface)를 통해 사용자의 요구를 받아서 서비스를 제공할 수 있게 하였고, Iperf를 통해 요구 대역폭 할당과 보장을 검증한다.

1. 서론

현재 사용하고 있는 IP(Internet Protocol)는 데이터를 패킷으로 잘라 광섬유를 통해 최종 도착지로 전송한다. 이때 패킷들은 네트워크를 지나면서 공통의 길을 따라 가지 않기 때문에, 라우터가 각각의 패킷을 검사하고, 그 다음 패킷을 어디로 보낼지를 결정한다. 이 때 문제는 대용량으로 전송되는 데이터들은 어디로 가야 할지 지연이 생기고, 만약 패킷들이 동시에 최종 방향을 결정하지 못하면, 수신자들은 데이터들을 수신하는데 방해가 받아 결국 온라인 비디오 같은 실시간 데이터를 수신할 수 없는 상황이 벌어지게 된다. 그러나 동적 회선 네트워크의 경우에는, 웹 기반의 인터페이스를 통해 어느 특정 지역에 전화를 거는 것처럼 임시적인 네트워크를 연결하여 사용할 수 있다. 이는 송신자의 데이터들이 기존의 네트워크를 공유하는 다른 사람들에 방해가 받지 않고 대용량의 데이터를 원하는 지역으로 정확하게 빠르게 보낼 수 있음을 뜻한다. 따라서 동적 회선 네트워크의 웹 기반의 인터페이스를 기반으로 Intra-Domain을 DCN(Dynamic Circuit Network)[1]의 구성요소인 DRAGON[2]과 연동하는 모듈을 구축함으로써, 다른 도메인에 걸쳐 발생하는 데이터 통신에 대해 충분한 대역폭의 안정적인 네트워크 서비스와 사용자가 자신에게 맞는 트래픽 용량을 신청할 수 있는 환경을 제공할 수 있도록 한다. 즉, 종단 간 연결에서 전용 경로와 자원 예약 서비스를 제공함으로써 데이터가 전송되는 동안 사용자가 요구하는 대역폭을 보장할 수 있도록 해준다.

본 논문에서는 사용자가 요구하는 대역폭을 할당하고

DCN 서비스를 제공하기 위한 구축 및 검증으로써, 2장에서는 기반 기술을 소개하고, 3장에서는 구축 및 검증을 한다. 검증 방법으로는 Iperf[3] 툴을 이용하여 DCN이 QoS[4] 대역폭에 맞춰 보장 되는지를 확인하고 4장에서 본 논문의 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 GMPLS(Generalized MultiProtocol Label Switching)

1990년대 중반 이후로 인터넷 수요가 급속히 증가하면서 인터넷은 대용량화와 고품질 서비스 제공이라는 큰 기술적 변화를 겪고 있다. 기본 패킷 헤더를 이용한 라우팅은 경로를 찾기 위해 필요 이상의 많은 정보 요구로 전송 속도를 감소시키기 때문에, MPLS(MultiProtocol Label Switching)[5]이라는 짧고 고정된 길이의 레이블을 이용하여 패킷을 전달하는 기술이 주목을 받게 되었다. GMPLS는 그 이름이 의미하듯이 MPLS를 일반화 하여 그 적용 범위를 대규모 망을 비롯한 IP 전달망에까지 넓힌 것을 말한다. 즉, GMPLS는 MPLS에서의 제어 평면(Control Plane)[6]을 다양한 장치의 스위칭과 포워딩 기술 및 계층을 포함 할 수 있도록 확장한 것을 의미한다. MPLS 기술과 마찬가지로 GMPLS 기술은 라우팅 및 신호 기술과 레이블을 이용한 IP 패킷의 인코딩을 포함하여 이외에 광인터넷 링크 관리를 위한 운용 관리 기술을 포함한다.

2.2 DRAGON(Dynamic Resource Allocation in GMPLS Optical Network)

국립 과학 재단에 의해 출시된 DRAGON은 고성능 비디

오 전송, e-VLBI[7] 등 중단 간 네트워크 전송 서비스를 동적이고, 경로를 미리 계산하고 이에 대한 관리를 연구하고 개발 하고 있는 프로젝트이다. 이는 다른 네트워크로부터 상호 교환을 동적으로 네트워크를 지원하는 기술 연구와 개발을 하는 것이다. 회선 교환 네트워크 결합 패킷의 유연과 광 네트워크 기술을 입증한다. 그리고 MAX(Mid-Atlantic Crossroads)[8], MIT(Massachusetts Institute of Technology)[9], GSFC(NASA Goddard Space Flight Center)[10] 등의 기관은 DRAGON 프로젝트를 공동 연구 하고 있다.

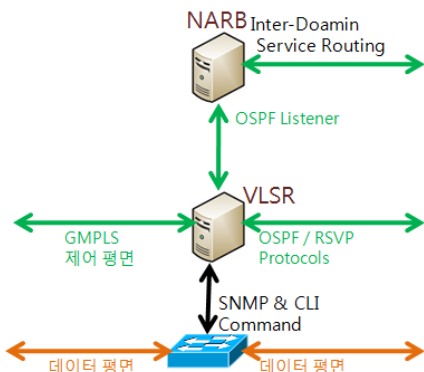
2.3 RSVP(Resource Reservation Protocol)

사용자에게 스트리밍 서비스에 관한 품질을 보장하기 위해서는 QoS를 제공해야 한다. 이를 위해 IETF에서 RSVP[9]라는 QoS 보장형 서비스 모델이 표준화 되었으며 이는 RSVP라는 미리 자원들이 예약한 경로를 준비하기 위해 수신자와 송신자 간 의사소통을 하게 하는 신호 프로토콜이다. 즉, 서비스 품질을 제공하기 위한 인터넷 구조에서 자원 예약을 담당하고 자원 예약 망에서 호스트와 특정 흐름에 대해 망의 자원을 협상하여 예약하고 라우터의 자원 예약 요청을 전달하여 협상된 자원 예약 상태를 유지하게 한다.

RSVP의 동작은 다음과 같이 요약된다. 단말 호스트의 RSVP는 애플리케이션이 요구한 흐름 특성을 승인 제어부와 정책 제어부에 전달하여 이 흐름을 서비스하기에 충분한 자원이 있는지 체크하고 사용자가 자원을 예약할 권리가 있는지 여부를 판단하게 된다. 자원 예약망에 존재하는 라우터들은 RSVP 메시지를 처리하여 망의 자원을 할당하게 되고 애플리케이션은 할당된 대역폭 내에서 유니캐스트, 멀티캐스트 데이터 트래픽을 전송함으로써 서비스 품질 향상을 볼 수 있게 된다.

3. 구현

3.1 동적 회선 네트워크 시스템 컴포넌트



[그림 1] VLSR & NARB

[그림 1]은 동적 회선 네트워크 시스템 컴포넌트인 VLSR과 NARB를 나타낸 그림이다. 다음은 컴포넌트들에 대한 설명을 기술한다.

3.1.1. VLSR(Virtual Label Switch Router)

DRAGON 소프트웨어와 인터넷 스위치 구조를 기반으로 한 GMPLS를 운영하는 한 대의 PC로써, GMPLS 제어 평면을 통한 인터넷 스위치를 컨트롤 하는 것이다. 인터넷 환경에서 VLSR은 VLAN 설정을 기반으로 한 인터넷 회선을 준비 하기 위해서 OSPF와 RSVP를 사용한다. 각 인터넷 스위치에서 VLSR은 로컬 스위치 명령어로 RSVP 신호 메시지를 받고 요청된 대역폭 보장과 VLAN 포트 그룹을 만든다. 대역폭과 VLAN tag 정보는 최신의 네트워크 링크 상태를 유지하기 위해서 OSPF 분할을 통해서 갱신된다. 그리고 인터넷 스위치의 로컬 컨트롤을 위해서 SNMP[11]와 CLI(Command Line Interface)명령어를 사용한다.

3.1.2. CSA(Client System Agent)

끝단 사용자 시스템에서 준비되는 데이터 평면 링크가 끝나는 시스템에서 운영하는 에이전트다. 이는 한쪽 사용자 시스템에서 다른 쪽 사용자 시스템까지 사용자 요구에 맞춘 서비스를 구현하는 프록시로써 동적으로 활성화되어 있는 네트워크 끝자리의 장치를 의미한다.

3.1.3. NARB(Network Aware Resource Broker)

해당 도메인을 담당하는 엔터티로써, 경로 계산, 자원 관리 및 LSP[12] 서비스를 제공할 수 있도록 하여, 동적으로 자원 상태를 감시하고 관리하며, 도메인 토폴로지 관리, 다차원 제한점에 기반한 경로 계산, 도메인간 라우팅 등 특성을 지원하게 된다. 또한, NARB는 Inter-Domain 경로 계산과 레이블 스위칭 경로를 활성화를 위하여 토폴로지 정보들을 서로 교환하고 정보 교환은 로컬 OSPF 프로토콜에 의한 실제적인 토폴로지를 기반으로 한다.

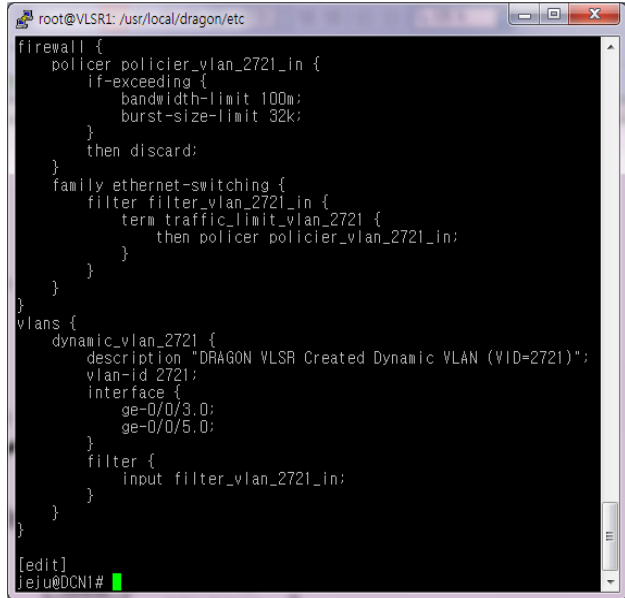
3.2 목적지 경로 예약 및 요구 자원 할당

시스템은 사용자의 목적지 경로를 계산하기 위해 그래프 기반 알고리즘을 사용하게 된다. 그래프를 그리기 위해 Intra-domain의 VLSR로부터 정보를 수집하게 되며, 수집된 정보는 도메인 데이터베이스에 저장되어 사용자로부터 새로운 요구를 요청했을 때 기본 그래프를 그리기 위한 정보로 사용하게 된다.

경로 계산은 출발지 주소, 목적지 주소, 요구 대역폭, VLAN Tagging, Untagging, 시간 정보를 가지고 그래프가 그려지게 되는데 기존에 예약된 회선과 가용 대역폭 그리고 VLAN Tagging의 이용 유무를 도메인 데이터베이스로부터 확인하여 가용 가능한 노드들을 통해 기본 그래프가 그려지게 된다. 이러한 기본 그래프는 마지막으로 Dijkstra Shortest Path Algorithm[13]을 이용하여 최단 경로를 계산하게 된다.

요구 자원 할당은 기본적으로 가용 가능한 자원 내에서 할당이 이루어지며, 추가 지원은 하지 않는다. 사용자로부터 WBUI(Web-Based User Interface)를 이용하여 요구

자원을 받게 되는데 사용자는 WBUI를 통해 출발지 주소, 목적지 주소, 요구 대역폭, VLAN Tagging, 시작시간, 종료시간을 입력 받게 된다. 이러한 정보들과 도메인 데이터베이스의 정보를 통해 NARB는 경로를 계산하고 해당 경로의 VLSR에 요청하여 회선을 구성하게 되는데 앞에서 언급한 바와 같이 VLSR은 스위치에 SNMP와 CLI 접속



[그림 2] Juniper EX3200에 적용된 QoS map을 통해 스위치 정보를 얻고 VLAN Tagging 및 대역폭 설정을 하게 된다.

특히 요구 대역폭의 경우 스위치의 Policer를 이용하게 되는데 [그림 2]는 Juniper EX3200[14]에 적용된 QoS police를 나타낸다. 여기서 확인 할 수 있듯이 회선을 지나가는 포트에 대해 police를 적용하고 해당 VLAN에 대해 대역폭의 상한선을 적용하여 사용자의 대역폭을 할당하게 된다.

3.3 DCN 시스템 동작 시나리오

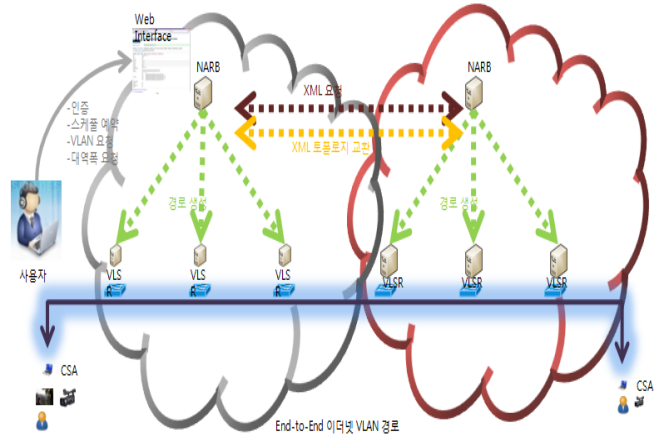
[그림 3]은 동적 회선 네트워크 동작 시나리오를 나타낸 그림이다. [그림 3]에서 볼 수 있듯이 사용자가 동적 회선을 예약하기 위해서는 WBUI를 통해 요구 조건을 입력하게 되며, NARB는 요구 정보와 도메인 정보를 비교하여 요청 가능한지 파악한다. 이 때 외부 도메인으로의 경로가 필요할 때에는 외부 NARB와의 토폴로지 정보 교환을 통해 경로가 구성된다. 그리고 약 1분 후 경로가 구성하게 되는데 WBUI에서 회선 상태를 보여주는데 “ACTIVE” 상태가 되면 데이터 회선을 통하여 요구 대역폭이 보장되는 End-to-End 통신을 할 수 있게 된다.

3.4 Iperf를 이용한 QoS 검증

[그림 4]는 NLANR/DAST에서 개발된 측정 툴인 Iperf를 이용해서 동적 회선 네트워크의 QoS를 검증하는 그림으로써, End-to-End 간 경로에 대한 최대 TCP/UDP[15]의 대역폭과 지연(Delay), 지터(Jitter)[16], 그리고 패킷

손실 등을 검증 할 수 있다.

WBUI를 통해 대역폭을 1000Mbps/sec로 설정하였고, 각 단말에는 1G급 이더넷 카드를 사용하여 Iperf로 대역폭을 측정하였다. 이더넷 카드의 최대 대역폭은 대략 810Mbps/sec가 나오는 것을 확인할 수 있으며, 실제 전송되는 대역폭을 100Mbps/sec로 임의의 패킷을 보냈을 때, 95.0Mbps/sec로 요구 대역폭 상한인 100Mbps/sec에 근접하고 있는 사실을 알 수 있다.



[그림 3] DCN 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 60632/68882 (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

4. 결론

본 논문에서는 MPLS와 RSVP를 응용하여 사용자가 웹을 통해 사용자의 요구 대역폭을 보장하여 동적으로 회선을 구축하는 동적 회선 네트워크에 대해 기술 하였다. 특히 사용자의 요구 대역폭 보장을 기반으로 Iperf 툴을 이용해 요구 대역폭 보장에 대한 검증을 보였다. 이 결과를 바탕으로 QoS가 보장된 상태에서 안정적으로 회선을 확보하여 UltraGrid[17] 등의 대용량 대역폭 서비스로 확장할 수 있을 것이다.

향후 계획으로는 제어 평면과 데이터 평면의 통합의 필요성과 사용자에게 미리 할당된 대역폭의 효율적 사용을 위한 개선과, DRAGON 소스 코드의 미비점 개선을 위한 보완이 요구된다. 이를 보완해서 미국, 캐나다, 유럽, 일본과 발 맞춰 국내 연구망인 KOREN에서도 DCN 확장 사업을 추진해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- [1] <https://wiki.internet2.edu/confluence/display/DCNSS>
- [2] <http://dragon.east.isi.edu/twiki/bin/view/DRAGON/WebHome>
- [3] <http://www.noc.ucf.edu/Tools/Iperf>
- [4] <http://ko.wikipedia.org/wiki/QoS>
- [5] A. Viswanathan, "Multiprotocol Label Switching Architecture", IETF, RFC3031, Jan, 2001
- [6] Jeroen van der Ham, "What is the Control Plane?", February 14, 2006
- [7] <http://www.evlbi.org/evlbi/>
- [8] <http://wiki.maxgigapop.net/twiki/bin/view/MAX/WebHome>
- [9] <http://web.mit.edu/>
- [10] <http://www.nasa.gov/centers/goddard/home/index.htm>
- [11] B. Wijnen, "An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks", IETF, RFC3411, Dec, 2002
<http://netsnmp.sourceforge.net/docs/man/snmpwalk.html>
- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/LSP>
- [13] E. Dijkstra, "A note on two problems in connexion with graphs", Number.Math, pp.269-271, Jan, 1959
- [14] <http://www.juniper.net/customers/support/products/ex3200.jsp>
- [15] Forouzan 4th Edition, Mc Graw Hill 김병철, 방찬영, 심영철, 이재광, 이재훈, 홍충선 공역, "TCP/IP 프로토콜"
- [16] <http://en.wikipedia.org/wiki/Jitter>
- [17] <http://dragon.maxgigapop.net/twiki/bin/view/DRAGON/Applications>