

캠퍼스 네트워크에서의 라우터의 병목 현상에 관한 연구

고봉구, 안동연, 정성종
진북대학교 컴퓨터공학과
kbg@moak.chonbuk.ac.kr

A Study on the Router Bottle Neck for Campus Network

B. G. Koh, D. U. An, S. J. Chung

Department of Computer Engineering, Chonbuk National University,

Abstract

In this paper, we discuss the CPU utilization and bottle neck of the router on campus network. Generally, high CPU utilization does not only makes slow network speed but also frequently network disconnection. The above characteristic is based on the network with one router. In order to solve this problem, we reconstruct network configuration with two routers. Our result shows that CPU utilization of network topology with two router have good performance compared to that with one.

위와 같은 통신망의 발전에도 불구하고 사용자의 측면에서는 향상된 대역폭을 충분히 활용하지 못하고 있는데, 이 이유는 대규모의 데이터를 처리해야 하는 고속 통신 환경에서 서버나 라우터 등 데이터가 물리는 지점에서 병목 현상이 근본적인 원인이 된다.

본 논문에서는 ATM으로 구축되어 있으며 LAN Emulation을 통해 기존의 LAN과 연동된 내부망으로 이루어진 네트워크와 21개의 Serial Port를 이용 외부에 연결하고자 사용한 라우터 CPU 사용률 측정을 통해 병목 현상의 원인을 알아보고 해결책을 제시하고자 한다.

본 문

서 론

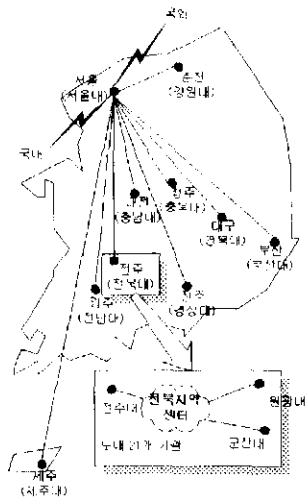
차세대 통신망의 발전에 있어서 두드러진 경향은 광대역 통신과 이동 통신이다. 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 기존의 네트워크가 제공하는 것보다 큰 대역폭이 요구됨에 따라 광대역 통신이 필요하게 되었고, ATM은 비디오, 이미지, 오디오 데이터 같은 서로 다른 종류의 트래픽을 다룰 수 있어 미래의 B-ISDN (BroadBand Integrated Service Digital Network)의 중요한 기술로 여겨진다.

미래의 네트워크로 각광을 받게 될 ATM은 현재 ATM Forum을 통해 표준화 작업이 진행중이며 조만간 주요 인터페이스 및 어플리케이션 부분의 Spec. 작업이 완성되리라 기대된다. 그러나 고속, 고대역을 특징으로하는 ATM이 백본에서 단말에 이르는 전 네트워크로 구축되기에는 상당한 시간이 소요될 것으로 보인다. LAN 에뮬레이션이란 기존의 Ethernet, Token-Ring 및 FDDI 상에서 운영되고 있는 어플리케이션이나 네트워크 S/W가 별도의 수정 없이 ATM의 속도 및 다

양한 이점을 누릴 수 있도록 기존의 LAN을 ATM으로 Migration 역할을 수행하는 것을 일컫는다. 다시 말하면, 기존의 대규모의 네트워크에 대한 투자를 보호하고 기존의 네트워크와 ATM 과 상호 운영을 위한 솔루션을 LAN Emulation이 제공한다는 것이다. 기존의 LAN과 비교하여 ATM의 큰 특징은 "Connection-Oriented Network" 이라는 것인데, 즉 ATM 네트워크는 데이터가 전송되기 전에 송수신을 원하는 단말간에 반드시 VCC(Virtual Channel Connections)가 설정되어야한다. 이것을 기본으로 기존의 LAN에서 제공하는 브로드캐스팅 및 멀티캐스팅을 수용하는 솔루션인 것이다. LAN Emulation을 수행하기 위해서는 ATM에 직접 붙는 장비와 기존의 LAN과의 인터페이스를 위한 S/W의 설치가 필요하다. 각 S/W의 기능에 관해 간략히 소개하면, LEC(LAN Emulation Client), LES(LAN Emulation Server), BUS (Broadcast and Unknown Server), LECS (LAN Emulation Configuration Server) 등이다. LEC는 각 단말이나 브리지(또는 스위치 장비) 등으로 구성되며 LAN Emulation을 하기 위한 Entry-Point 역할을 한다. LES는 LAN MAC Address를 ATM Address로 분해하여 관련 단말이 VCC를 설정할 수 있게 하는 역할을 수행한다. LES는 LE-ARPLAN Emulation Address Resolution Protocol)을 통해 LEC의 Address Request에 대응하는 역할을 수행한다. BUS는 ATM 네트워크 상에서 브로드캐스트나 멀티캐스트 프레임이 목적하는 도착지에 전송될 수 있도록 LEC가 Multicast Send VCC 및 Multicast Forward VCC를 맺고 이를 관장하는 Server이다. LECS는 LES의 ATM Address관한 정보를 인지하고 VCC와 LES에 등록하기 위한 방법으로 LECS를 활용한다. LECS는 LEC의 요청시 ATM 스위치 인터페이스를 위해 SNMP Management MIB로 구성되는 Address를 보유하고 있다. LECS는 LAN의 Type(즉, Token-Ring, Ethernet, 등), 지닌되는 최대 패킷의 크기, LEC의 Emulated MAC Address, LEC가 Join하기 원하는 LAN의 Name 등의 정보를 사용하여 각 LEC에 지명한 LES를 선정하여 ATM 네트워크에 참여케 한다. 이것은 또한 ATM 네트워크내에서 다수의 Virtual LANs 관리 및 그 영역을 관장한다.

라우터는 전송경로를 결정하기 위해 브리지와 유사하게 테이블을 사용한다. 브리지의 테이블과

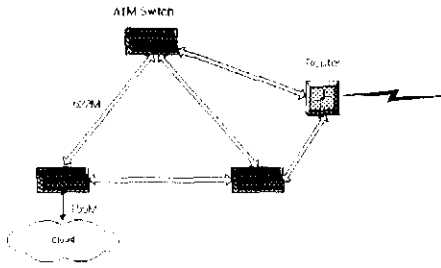
의 차이점은 브리지는 이 테이블을 포워딩 및 필터링으로 사용하지만, 라우터에서는 패킷의 전달 경로를 결정하는 경로 매칭용으로 사용한다는 것이다. 라우터는 랜 테이블, 네트워크 테이블, 그리고 라우팅 테이블 등 3가지 테이블을 관리함으로써 다른 네트워크를 비롯하여 네트워크의 모든 장치의 주소를 인식하고, 이를 바탕으로 패킷의 전송 경로를 결정한다. 여기에서 랜 테이블은 라우터가 속해있는 랜 세그먼트내의 장치 주소를 관리하고, 필터링 작업에 사용된다. 네트워크 테이블은 네트워크 상의 모든 라우터의 주소를 보관하며 패킷의 수신지 라우터를 식별하는데 사용된다. 라우팅 테이블은 각각의 라우터에 구축되어 있어 각 경로에 대한 정보를 유지하고 있어서 다른 세그먼트로 전송되는 패킷의 경로를 결정하는데 사용된다. 3 개의 테이블은 패킷의 전송에 있어서 최선의 경로 선택, 회선이나 라우터 장애 발생했을 때 우회 경로의 선택, 패킷의 순환 현상을 방지하기 위해 활용되는 것으로 라우터의 모든 동작의 핵심 요소이다. 이 테이블은 기본적으로 네트워크 관리자에 의해 만들어지지만 네트워크 내에 존재하는 개개의 라우터에서 주기적으로 전달되는 라우팅 정보를 근거로 수시로 갱신된다.



<그림1> 교육망(KREN) Topology

본 측정의 모범이 된 전북대학교의 구성과 환경을 살펴보면, 교육망(KREN)의 전북지역 센터로서 21개의 전북 지역 대학 및 교육기관과 서울 대를 연동하여 인터넷을 사용할 수 있도록 하는 중간 매체의 역할을 수행하고 있다(그림1). 또한,

전북대학교의 캠퍼스 네트워크는 기존의 FDDI에서 ATM으로 Migration을 하여 3개의 ATM 스위치와 20개의 이더넷 스위치를 이용하여 백본은 622Mbps로 아래 단계인 이더넷스위치까지는 155Mbps로, 노드 수는 약 6000노드의 네트워크이다. 각 터미널 및 장비에 할당된 IP 어드레스는 C-class 65개를 사용하였고, ELAN은 57개를 이용하여 구성되어 있다. 구성 방식은 외부망과 내부망을 1개의 라우터를 이용하여 구성하였다(그림2).



<그림2> 1개의 라우터로 구성된 Topology

이때 사용된 라우터는 Cisco7513이다. Cisco 라우터에서 제공하는 툴을 이용하여 CPU 사용율을 측정하였으며, 그 결과 중 CPU 사용율(그림3)은 사용율이 비교적 높은 시간대의 결과를 보여준 것이다.

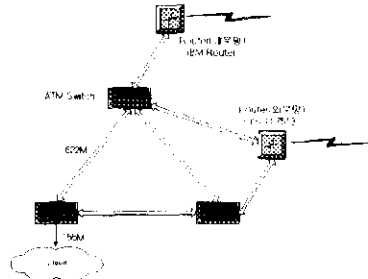
CPU utilization for five seconds: 75%/40%; one minute: 75%; five minutes: 65%									
PID	Runtime(ms)	Involed	uSecs	SSec	1Min	5Min	TTY	Process	
1	476	33649	14	0.00%	0.00%	0.00%	0	Load Meter	
2	12406	79143	133	0.08%	0.20%	0.00%	0	SCOOP Input	
3	108964	4306	25165	0.00%	0.00%	0.05%	0	Check heaps	
4	88	396	297	0.00%	0.00%	0.00%	0	Pool Manager	
5	0	0	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	Timers	
6	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	OIR Handles	
7	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	IPC Zone Manager	
8	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	IPC Realm Manager	
9	76	8389	9	0.00%	0.00%	0.00%	0	JX Seat Manager	
10	709840	345447	2238	0.32%	0.99%	0.8%	0	ARP Input	
11	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	SERIAL_A detect	
12	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	Macrocode Loader	
13	92536	67487	1371	0.00%	0.04%	0.05%	0	ATM ILMI Input	
14	580	4774	540	0.00%	0.00%	0.00%	0	ILMI Process	
15	130	736	35	0.00%	0.00%	0.00%	0	Slave Time	
16	36	24	1900	0.00%	0.00%	0.00%	0	Virtual Exec	
17	3484	44725	73	0.00%	0.00%	0.00%	0	Chassis Daemon	
18	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	IPC CBus process	
19	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	MIP Mailbox	
20	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	CT3 Mailbox	
21	0	2	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	ATM OAM Input	

<그림3> 1개의 구성된 라우터의 CPU 사용율

센터에서 권장하는 CPU 사용율은 20%이하였

으나 평균 CPU 사용율이 약 45%를 유지하고 있다. 그래서 트래픽이 폭주할 때는 70% 이상의 CPU 사용율을 보이며 네트워크상의 이상 증상이 보여지기도 한다. 예를 들면, 연결이 자주 단절되거나 패킷 유실이 많이 발생하는 것이다.

그림4는 Serial Line으로 연결된 외부망(교육망, CISCO 7513라우터)과 ATM으로 구축된 내부망(IBM 라우터)을 별도의 라우터를 이용하여 연동하였을 경우 구성도이다.



<그림4> 2개의 라우터로 구성된 Topology

위와 같이 구성하였을 경우의 각 라우터의 CPU 사용율을 보여주는 것이다. (그림5,그림6) 이 결과를 보면 1개의 라우터를 사용했을 경우 거의 40%이상의 CPU 사용율을 보였던 것이 외부망으로만 쓰인 CISCO7513라우터의 CPU 사용율이 15% 이하로 줄고, 내부망 라우터로 사용된 IBM라우터의 CPU 사용율은 평균 20%이하를 보이고 있다.

CPU utilization for five seconds: 16%/14%; one minute: 14%; five minutes: 12%									
PID	Runtime(ms)	Involed	uSecs	SSec	1Min	5Min	TTY	Process	
1	2398	535091	4	0.00%	0.00%	0.00%	0	Load Meter	
2	909636	2911004	312	0.00%	0.00%	0.00%	0	SCOOP Input	
3	1376904	47382	29059	0.00%	0.02%	0.00%	0	Check heaps	
4	1743	3195	547	0.00%	0.00%	0.00%	0	Pool Manager	
5	0	2	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	Timers	
6	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	OIR Handler	
7	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	IPC Zone Manager	
8	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	IPC Realm Manager	
9	448	133772	3	0.00%	0.00%	0.00%	0	IPC Seat Manager	
10	2427608	1892413	1282	0.00%	0.08%	0.19%	0	ARP Input	
11	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	SERIAL_A detect	
12	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	Macrocode Loader	
13	2303724	1599030	1495	0.00%	0.00%	0.04%	0	ATM ILMI Input	
14	730244	1226541	595	0.00%	0.00%	0.00%	0	ILMI Process	
15	1512	64571	33	0.00%	0.00%	0.00%	0	Slave Time	
16	45	99	484	0.00%	0.00%	0.00%	2	Virtual Exec	
17	40872	756994	53	0.00%	0.00%	0.00%	0	Chassis Daemon	
18	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	IPC CBus process	
19	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	MIP Mailbox	
20	0	1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	CT3 Mailbox	
21	0	2	0	0.00%	0.00%	0.00%	0	ATM OAM Input	

<그림5> CISCO7513의 CPU 사용율(외부망)

1500834 PERF002 CPU Util %	11	Max CPU Util %	100
1500834 PERF002 CPU Util %	14	Max CPU Util %	100
1500835 PERF002 CPU Util %	14	Max CPU Util %	100
1500835 PERF002 CPU Util %	15	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	16	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	16	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	16	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	16	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	17	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	21	Max CPU Util %	100
1500835 PERF002 CPU Util %	10	Max CPU Util %	100
1500835 PERF002 CPU Util %	9	Max CPU Util %	100
1500835 PERF002 CPU Util %	13	Max CPU Util %	100
1500835 PERF002 CPU Util %	10	Max CPU Util %	100
1500831 PERF002 CPU Util %	10	Max CPU Util %	100
1500831 PERF002 CPU Util %	10	Max CPU Util %	100
1500831 PERF002 CPU Util %	17	Max CPU Util %	100
1500831 PERF002 CPU Util %	17	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	15	Max CPU Util %	100
1500839 PERF002 CPU Util %	15	Max CPU Util %	100
1500841 PERF002 CPU Util %	16	Max CPU Util %	100
1500841 PERF002 CPU Util %	17	Max CPU Util %	100

<그림6> IBM라우터의 CPU 사용율 (내부망)

결론

ATM의 LAN적용을 위해서는 상호 운영성이나, 표준화의 완성이 더 요구되고 있지만 다른 기술에 비해 ATM이 부상하고 있는 이유는 접속규격에 있어 다양한 속도(1.5M~622M)와 다양한 전송매체(UTP, STP, MMF, SMF)를 지원하는 탄력성을 제공하고 있으며, Guaranteed Service, Best Effort Service 등 다양한 QoS (Quality Of Service)를 지원하여 음성, 데이터, 이미지, 영상 등 멀티미디어 데이터를 수용할 수 있다는 장점 때문에 활발히 LAN에 적용되어 ATM LAN이 보급되고 있는 추세이다. 이와 같은 시기에 ATM으로 새로 구축한 전북대학교의 라우터의 CPU 사용율은 측정 결과에서 알 수 있듯이 ATM망으로 구축되어 기존의 Ethernet 서비스를 위해 LANE를 사용하는 내부망 라우터의 역할과 교육망 전북지역 센터로서의 역할을 수행하는 외부망 라우터의 역할을 분리함으로써 외부망 라우터의 CPU 사용율이 현격히 줄었다. 한 개의 라우터만을 사용했을 경우 외부망과 내부망의 라우터에 대한 부담으로 CPU의 사용율은 훨씬 배가된 것을 알 수 있다. Serial Line의 외부망 라우터와 ATM의 내부망으로 LAN 에뮬레이션 Port 등에 대한 라우팅을 수행하는 부담으로 CPU 사용율이 높았으나 단지 외부망 라우터(Serial Router)로만 사용되는 CISCO의 경우 CPU 사용율이 약 평균 1/4 가량으로 줄어드는 것을 알 수 있었으며 내부망의 CPU 로드에 대한 부담이 훨

씬 많음을 알 수 있었다. 위의 문제를 해결할 방법으로 제안된 MPOA는 전통적인 라우터 기반의 네트워크를 대체할 "3계층 스위칭"을 수행할 방식이다. MPOA에 의한 "switched routing"은 라우터 기반의 네트워크보다 유연하면서 더 나은 확장성을 제공할 뿐 아니라 성능면에서도 유연함을 보여줄 것이다. 기존의 이더넷을 수용하기 위한 LANE는 브리징 프로토콜로 여접히 서브넷간의 연결을 위해서는 라우터를 요구하였다. MPOA는 단말간의 연결을 SVC를 이용한 "cut-through"연결을 사용하여 기존의 라우터에서 사용하던 일부 기능을 대체한다. 일단 연결 설정 후에는 최소한의 지연 시간을 가지고, 빠른 속도로 데이터를 전송한다. 초기에는 IP 프로토콜로 국한되어 MPOA 프로토콜이 구현되고, 다른 프로토콜의 처리를 위해서는 라우터가 사용될 것이다. 차차 MPOA에 의해 사용되는 프로토콜의 구현 범주가 확대될 것이다.

참고 문헌

- [1] 송관호 외8인 "초고속 네트워크 기술 지침서"
- [2] 박전철 외5인 "결함관리를 위한 ATM스위치 네트워크 구조" 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집 vol 20. NO.1 pp 149-152, 1997. 6
- [3] 이은화 외1인 "ATM과 무선 LAN의 네트워크 계층 연동 방안" 한국정보과학회 추계학술 발표 논문집 제24권 2호 1997.10
- [4] Stevens "Unix Network Programing" Prentice Hall
- [5] Louis Breit "Networking: Access protocol and traffic" <http://www.zilker.net/business/pcl/sun/jan/access.html>