실시간 운영중인 네트워크의 트래픽 특성과 성능분석에 관한 연구

김창호*, 진성호*, 김동일**, 최삼길**

*동의대학교 전자공학과

**동의대학교 전자통신공학과

A study on the Traffic characteristic and Performance analysis of network on Real-time running

Chang-Ho Kim*, Sung-Ho Jin*, Dong-Il Kim**, Sam-Gil Choi**

*Dept. of Electronic, Dongeui University

**Dept. of Electronic Comm., Dongeui University

E-mail : kimch@hyomin.dongeui.ac.kr

요 약

본 논문은 CincoNet사의 NetXray 3.0.1을 통해 실시간 운영중인 동의대학교 종합 정보통신망(DEUNET)의 성능을 분석하고 평가한다.

기존의 네트워크 성능분석이 모의실험이나 트래픽 이론을 통해 분석한 경우가 대부분이므로, 실제 운영중인 네트워크의 성능과는 많은 차이가 날 수 있다. 본 연구에서는 수식적인 이론전개를 통한 성능 분석보다는 실제적인 측정을 통해 교내 망의 시간별 이용률과 사용하는 프로토콜의 현황과 트래픽 특성을 정성적으로 접근하였으며, 교내망인 동의대학교 종합정보통신망(DEUNET)을 모델로 삼았다.

이러한 분석방법은 네트워크의 설계와 증설 및 고장수리에 아주 중요한 기초자료로 사용될 것이다.

Ⅰ. 서 론

현재 근거리 통신망(Local Area Network)중 특히, Ethernet(IEEE 802.3)은 많은 분야에서 사용되고 있다. 그리고 LAN의 설계 시에는 이런 LAN에 대한 트래픽 특성, 사용하는 프로토콜 및 이용률 및 노드수 등이 고려되어야 한다. 그러나 아직까지 실시간 운영중인 네트워크에 대한 측정 및 분석에 대한 자료가 많이 나와 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 먼저 이론상으로 나온 분석방법을 토대로 현재 운영중인 동의대학교 종합정보통신망(이하 DEUNET)을 모델로 분석하고자 한다.

실제 운영중인 모델의 분석은 먼저 DEUNET의 네트워크의 구성과 현재 가용한 IP의 수와 현황을 파악한 다음 현재 사용중인 프로토콜에 대해 고찰한다. 그리고 실제 측정한 결과와 각 노드의 Round-trip timing을 측정하여 이를 토대로 DEUNET의 트래픽 특성과 성능을 평가하고자 한다.

본 논문에서 사용한 분석 프로그램으로는 CincoNet사의 NetXray 3.0.1로 오늘날의 복잡한 네트워크 환경에서 네트워크 관리를 효과적으로 하는데 필요한 핵심적이고 상세한 정보를 추출하여 관찰할 수 있게 하는 저렴한 비용의 소프트웨어 툴이며, MicroSoft사의 Windows 95/NT환경에서 동작하며, 다음과 같은 특징을 갖는다.[3]

- 잠재되어있는 네트워크상의 문제를 확인할 수 있는 자동 네트워크 감시 기능
- 서비스에 악영향을 미치는 문제와 네트워크 사용자의 불만에 대한 신속한 응답 기능
- 다양한 관점과 보고서에 의한 네트워크 부하와 프로토콜 이용률의 정확한 관찰 기능
- 네트워크와 네트워크 응용사이의 반응 이해
- 네트워크의 라이프-사이클의 효과적인 예측과 설계를 할 수 있는 기능

분석방법은 월 단위나 연 단위로 측정하여 분

석하는 것이 더 정확하겠으나, Ethernet traffic의 특성이 'self-similarity'하다는 가정 하에, 1일단위로 1주일간 측정한 후 평균을 구하였다.[1][2] 그리고 이러한 분석을 바탕으로 월 단위, 연 단위의 근사해석과 다른 네트워크에도 적용이 가능하리라 판단된다.

그리고, 노드간의 트래픽 성능 분석을 위해 Windows 95내의 tracert와 ping 프로그램을 사용하여 Round-trip timing을 측정하였다.

II. 네트워크의 성능특성

비공식 적으로, 네트워크들은 저속 또는 고속으로 분류되어진다. 그리고 질적인 척도보다는 양적인 척도를 사용한다. 비록 양적인 측정이 이해하기 힘들지라도 매우 중요하다. 왜냐하면, 양적인 측정으로 두 네트워크를 비교하는 것이 가능하기 때문이다. 본 장에서는 네트워크의 2가지 기본이 되는 양적인 측정을 정의하고, 이것들이 처리 용량과 어떻게 관계되는지를 설명한다. [4][5]

2.1 지연(Delay)

양적으로 측정되어질 수 있는 첫 번째 네트워크의 특성은 지연이다. 네트워크의 지연은 한 비트의 자료가 한 컴퓨터에서 다른 컴퓨터로 네트워크를 통해 전달되는데 얼마나 많은 시간이 걸리는가를 나타낸다. 지연의 단위는 일반적으로 초(sec) 또는 밀리초(msec)로 나타내고, 일반적으로 다음과 같이 구분된다.

- 전파 지연(propagation delay) : 신호가 매체를 통해 전파될 때 생기는 지연. 일반적으로 전형적인 LAN은 밀리초의 지연을 가진다.
- 스위칭 지연(switching delay) : 네트워크 내에 있는 전자 장치들(ex, HUB, Bridge, Switch)이 패킷을 받아서 전송하기 전에 다음 홉을 선택하기 위해 생기는 지연.
- 접근 지연(access delay) : 대부분의 LAN들은 공유 매체를 사용하기 때문에, 매체가 사용 가능할 때까지 지연이 발생한다.
- 큐잉 지연(queueing delay) : 패킷 스위치에서 store-and-forwarding과정의 일부분으로 유입되는 패킷을 큐에 저장하는 과정에서 지연이 발생한다.

2.2 처리율(throughput)

양적으로 측정되어질 수 있는 두 번째 네트워크의 기본 특성은 처리율이다. 처리율은 네트워크를 통해 전송될 수 있는 율의 측정이다. 그리고 보통 초당 비트수(bit per second: bps)로 정의되어진다. 즉, 초당 비트수로 측정되는 네트워크 처리율은 단위시간당 얼마나 많은 비트가 네트워크에 들어 갈 수 있는 가를 나타낸다. 처리율은 네트워크의 처리능력의 측정이지, 속도의 측정이 아니다. 그리고 대부분의 네트워크들은 초당 수백만 비트수의 처리량을 가진다. 또한 처리율과 비슷한말로 대역폭 또는 속도라는 용어를 사용하기도 한다.

2.3 지연과 처리율의 관계

이론적으로, 네트워크의 처리율과 지연은 독립적이다. 그러나 실제로 이 둘은 완벽하게 독립적이지는 않다. 예를 들어, 네트워크에서 새로운 패킷이 도착되었을 때 패킷 스위치의 큐에 이전의 패킷이 대기하고 있다면, 새로운 패킷은 이전의 패킷을 발송하는 동안 기다리게 된다. 그리고, 네트워크내의 과도한 교통량을 정체(congestion)라 부른다. 명백하게, 정체된 네트워크에 들어온 자료는 한가한 네트워크에 들어온 자료보다 더 많은 지연을 경험 할 것이다.

네트워크에서 예상되는 지연은 네트워크 용량의 현재 백분율로부터 예측될 수 있다. 만약, D_0를 네트워크가 한가할 때의 지연이라고 하고, U를 현재 이용률(Utilization)이라고 할 때, 지연 D는 다음과 같은 간단한 식으로 주어진다.

$$D = \frac{D_0}{1-U}$$

윗 식에서 네트워크가 완벽하게 한가하다면 U는 0이고, 유효 지연은 D_0가 된다. 만약 트래픽이 네트워크의 전체 용량에 접근하면($U \rightarrow 1$), 지연은 무한대에 접근한다.

2.4 일주 여행시간(round-trip time : RTT)

Round-trip time은 네트워크 통신에서 근원지의 메시지가 목적지까지 갔다가 되돌아오는데 요구되는 시간을 말한다. 목적지에서는 근원지로부터 온 메시지를 처리하고 응답 메시지를 생성한다. RTT는 몇몇 라우팅 알고리즘에서 최적의 경로를 계산하기 위해 사용되어진다. 따라서, RTT는 네트워크의 성능을 나타내는 중요한 요소 중의 하나이다.

III. Network 모델(DEUNET)

3.1 구성도

본 논문에서 사용한 동의대학교 종합정보통신망의 모델은 그림 1과 같으며, 각 단과대학을 잇는 캠퍼스 Backbone망으로는 FDDI를 사용하고, 각 단과대학별로 LAN은 Ethernet/IEEE 802.3 (10 Mbps/100 Mbps)을 사용하고 있다.

각 단과대학별 구성은 100Mbps속도의 Router를 통해 FDDI와 연결되고, 각 Router별로 100

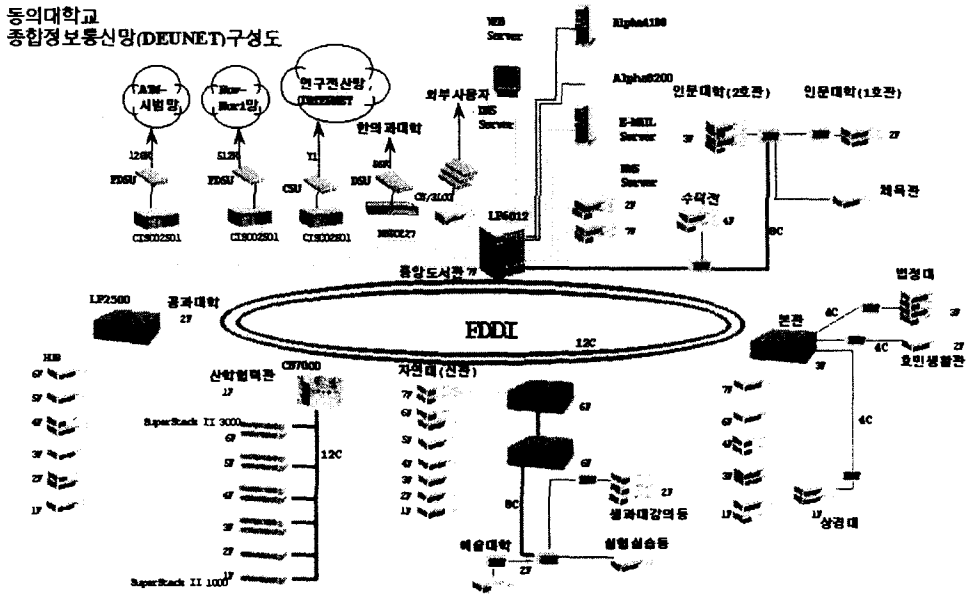

그림 1. DEUNET의 구성도

Mbps 속도의 Switching HUB를 연결하였고, Switching HUB 1대당 10대의 12-port HUB 및 24-port HUB를 두어, 불필요한 트래픽을 제거하여 망의 효율을 높이고 있다.

외부망으로는 T1급(1.544Mbps)의 회선으로 연구전산망(Internet)으로 연결되어 있고, 512Kbps회선으로는 나우누리망과 연결되어있다. 그리고 128Kbps 회선으로 ATM 시범망과 연결되어 시범운영중이다.

3.2 FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

본 논문에서 사용된 모델은 캠퍼스 Backbone망으로 FDDI를 사용하고 있는데, FDDI는 Ethernet 보다 더 높은 대역폭을 제공하는 인기 있는 근거리 네트워킹 기술이다. 전기적 신호를 전달하기 위해 케이블을 사용하는 Ethernet이나 다른 LAN 기술과는 달리, FDDI는 광섬유를 사용하고 전기 신호를 빛의 펄스로 부호화 하여 데이터를 전달한다.

광섬유는 구리선에 비해 두 가지 이점을 갖는다. 먼저, 전기적 잡음이 광연결에 간섭을 하지 않기 때문에, 전자적 장치에 인접해서 놓일 수 있다. 두 번째로, 광섬유는 빛을 사용하므로, 단위 시간당 보내질 수 있는 데이터의 양이 전기적 신호로 보내는 것 보다 더 높다.

FDDI는 100 Mbps의 전송속도를 가지고, 매체접근 제어(MAC) 방법으로는 IEEE 802.5와 유사한 TokenRing 방식을 사용하고, Ring형의 토폴리지를 사용한다. 이 FDDI의 큰 장점 중의 하나는 역순환 이중링(Dual Counter-Rotation Rings) 구조를 채용해 자기 치료(self healing) 능력을 가짐으로써, 저렴한 비용의 신뢰성 있는 Backbone망 구축에 널리 사용되고 있다.[6][7]

3.3 Ethernet / IEEE 802.3

Ethernet/IEEE 802.3은 매체접근 방법으로 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect)를 사용한다. 개념적으로 Ethernet LAN은 여러 대의 컴퓨터를 연결하기 위한 ether라 불리는 동축케이블로 구성된다. 주어진 Ethernet은 길이가 500m로 제한되고, 각 쌍의 연결 사이에는 최소 3m 간격을 요구한다.[4][6]

10 Mbps의 전송속도와 CSMA/CD방식을 사용하고 있기 때문에, 트래픽량이 많은 환경 하에서도 일정한 성능을 유지되어야 하는 경우, Ethernet은 다른 LAN 구조만큼 효율적이 않으나, Ethernet은 트래픽량이 일정하지 않은 네트워크의 경우 매우 훌륭한 선택이 되므로, 전세계적으로 약 90%이상이 Ethernet을 사용하여 LAN을 구축하고 있다.

Ethernet의 기본 토폴로지는 선형 버스구조이지만 다른 구성요소를 사용함으로 스타형 토폴로지처럼 보일 때도 있다. Ethernet의 전송매체로는 10BASE2, 10BASE5, 10BASE-T등이 있지만 본 모델에서는 10BASE-T가 사용되고 있다.

3.4 IP 주소 현황

본 모델의 IP 주소 보유 현황은 표 1과 같다. 현재 총 보유 IP 주소는 4318개이며, 현재 사용중인 IP 주소는 1839개로써 약 42.5%를 사용하고 있다. 따라서 아직 IP주소 여유 분이 충분한 상황이다.

Subnet	보유 IP 주소	IP주소 할당 장소
subnet1	134.075.226.0	중앙도서관
subnet2	203.241.192.0	FDDI BackBone
subnet3	203.241.193.0	중앙도서관
subnet4	203.241.194.0	인문대학, 수덕전
subnet5	203.241.195.0	법정, 상경대학, 대학본부
subnet6	203.241.196.0	효민생활관, 대학본부
subnet7	203.241.197.0	음악관, 생과대, 실험동
subnet8 subnet9	203.241.198.0 203.241.199.0	자연 과학대
subnet10 subnet11	203.241.200.0 203.241.201.0	공과대
subnet12	203.241.202.0	WAN구간(가야↔양정)
subnet13	203.241.203.0	한의과대학
subnet14 subnet15 subnet16	203.241.204.0. 203.241.205.0 203.241.206.0	산학관
subnet17	203.241.207.0	여유 IP Address

표 1. IP 주소 보유현황

3.5 프로토콜

현재 본 모델의 네트워크 계층에서 사용되고 있는 프로토콜은 여러 종류가 있지만, 본 논문에서는 가장 많이 사용되고 있는 TCP/IP 프로토콜의 IP, Novel Netware의 IPX, 그리고 NetBIOS와 NetBEUI 프로토콜에 대해 간략하게 고찰해 보겠다.[8]

3.5.1 IP 프로토콜

TCP/IP 프로토콜은 미 국방성에서 이기종 컴퓨터간의 통신 및 자원을 공유하기 위한 목적으로 개발된 프로토콜들의 집합이다.

이 중 IP 프로토콜에 대해서 살펴보면 다음과 같다. IP는 신뢰성 없는 비연결형(Unreliable Connectionless) 패킷 전달 서비스를 제공한다. 이것은 TCP/IP 프로토콜들을 넓은 범위의 망 하드웨어에 적합하도록 하기 위한 것이다. 또한 각 IP 패킷들은 출발지 주소와 목적지 주소를 사용해서 개별적으로 라우트되기 때문에 신뢰성 있는 순서적 전달을 보장하지 않기 때문에 신뢰성이 없다. 패킷간의 관련성 및 순서 제어는 상위계층(TCP 계층)에서 제공한다.[6]

그림 2는 OSI 7 layer와 TCP/IP 프로토콜의 계층구조를 비교한 것이다.

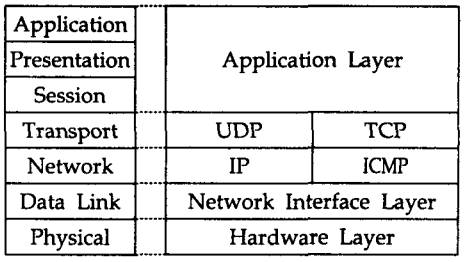

그림 2. TCP/IP와 OSI 7 Layer의 비교

3.5.2 Novel Netware 프로토콜

노벨 네트웨어 프로토콜은 제록스의 팔로 알토(Palo Alto) 연구소에서 개발한 제록스 네트워크 시스템을 기초로 한 것이다. 계층 구조, 프로토콜 상호 작용, 그리고 네트워크 주소 지정이 XNS와 가깝게 일치한다.

노벨의 중심 프로토콜은 IPX(Internetwork Packet Exchange)와 SPX(Sequenced Packet Exchange)이다. IPX는 신뢰성 없는 데이터그램 프로토콜이고, SPX는 신뢰성 있는 접속 지향 프로토콜이다.

이중 IPX 프로토콜은 네트워크 계층에서 동작하는 프로토콜이다. IPX는 비접속형의 신뢰성 없는 데이터그램 서비스를 워크스테이션과 서브에 제공한다. IPX는 패킷을 목적지에 전달하기 위해 최선의 노력을 하지만, 패킷이 원하는 목적지에 도달했는지 여부를 확인하기 위한 통지를 요구하지 않는다(Best Effort Delivery). 또한, IPX는 신뢰성 있는 연속 데이터 흐름 서비스를 제공하기 위하여 SPX와 같은 상위 계층 프로토콜에 의존한다.

그림 3은 OSI 7 layer와 Novel Netware 프로토콜의 계층 구조를 비교한 것이다.

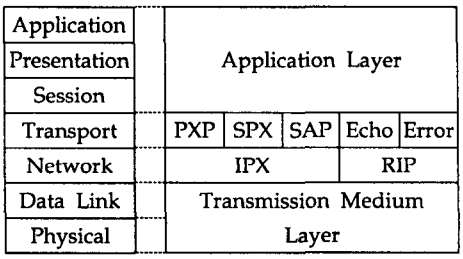

그림 3. Novel Netware 프로토콜과 OSI 7 Layer의 비교

3.5.3 NetBIOS 프로토콜

NetBIOS는 Network Basic Input/Output System의 약자로 특정 하드웨어와 연계되어 움직

이는 네트워크 시스템의 사양을 의미한다. 이는 프로그래머들로 하여금 IBM PC의 네트워크를 이용해 네트워크 응용 프로그램을 설계할 수 있도록 고안된 높은 수준의 응용 프로그램 인터페이스이다. 이것은 원래 사이테크사에서 개발한 것으로 , IBM PC 네트워크 어댑터 카드 상에서 구현된 것이다. NetBIOS는 1984년 IBM이 도입했고, Micro Soft사가 MS-Net 네트워크 제품에 사용하기 위해 채택한 것이다. 후에 IBM은 NetBIOS를 토큰 링 네트워크에 사용하는 네트워크 인터페이스 카드와 함께 사용할 수 있도록 하는 에뮬레이터를 제공했다.

NetBIOS는 실제로 프로토콜이라고 할 수 없다. 이것은 통신 세션을 구성하고, 데이터를 교환하고, 네트워크 개체를 명명하는 등의 명령들을 네트워크 응용 프로그램에 제공하는 인터페이스이다.

OSI 참조 모델의 관점에서 보면, NetBIOS는 세션 계층의 인터페이스를 제공한다. 이 단계에서 NetBIOS는 네트워크에 있는 스테이션을 인식할 수 있도록 하는 명명 시스템과 함께 신뢰성 있는 접속 지향의 데이터 전송 흐름을 제공할 수 있다. NetBIOS는 신뢰성 없는 비접속형 데이터그램 서비스도 제공할 수 있지만, 경로 서비스를 제공하지 않기 때문에 NetBIOS over TCP/IP와 같은 다른 전송 메커니즘을 사용해야 한다.

3.5.4 NetBEUI

NetBEUI는 NetBIOS Extended User Interface의 약자로 MicroSoft사가 NetBIOS를 확장시킨 것이라고 생각하면 된다. 이는 MS사의 모든 NOS - LAN매니저, 윈도우즈 NT, 윈도우즈 NT/어드밴스드 서버에 채택되어 사용된다.

NetBEUI는 단일 LAN내의 통신에서만 최상의 성능을 가진다. 왜냐하면, NetBIOS처럼 라우팅 메커니즘을 지원하지 않기 때문이다. 따라서 IPX나 TCP/IP와 같은 다른 프로토콜과 함께 사용해야 한다.

IV. 분석방법

본 논문에서는 실시간으로 운영중인 근거리 통신망의 분석을 동의대학교내에서 운영중인 DEU-NET을 모델로 하여 분석하였다. 분석을 위해, 네트워크의 이용률, 사용하는 패킷 사이즈별 분포 및 이용률, 시간별 Broadcast/Multicast 와 전체 패킷수와의 관계 및 프로토콜 분포를 측정 분석하였다. 이를 위해 CincoNet사의 NetXray 3.0.1을 사용해 1일 24시간을 30초 단위로 샘플링 하여 측정하였으며, 좀 더 정확한 측정을 위해 1주일간을 측정하여 평균을 구하였다. 그리고 노드간의 지연 및 처리율 특성을 분석하기 위해 윈도우즈 95의 tracert와 ping 프로그램을 사용하여 Round-Trip time을 측정하였다.

V. 분석 결과

5.1 네트워크의 이용률

본 모델의 회선 이용률은 그림 4와 같다.

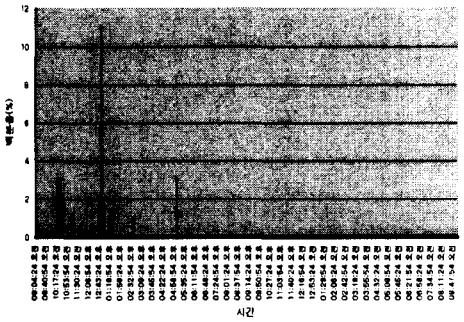

그림 4. 회선의 이용률

평균 이용률은 약 1%이내였다. 이는 각 서브넷마다 Switching HUB를 두어 트래픽량을 분산시켰기 때문이다. 오전 10시에서 오후 5시 사이의 이용률이 높은 것으로 나타났다. 이는 동의대학교의 업무시간과 연관이 있는 것으로 보인다. 그리고 트래픽 량이 돌발적으로 증가하는 부분이 있는데, 이는 Burst한 파일 전송에 기인한 것이다.

5.2 Broadcast/Multicast의 시간별 분포

전체 트래픽 중 Broadcast/Multicast가 차지하는 량을 알아보기 위해 Broadcast/Multicast의 수를 전체 패킷수와 비교하였다(그림 5).

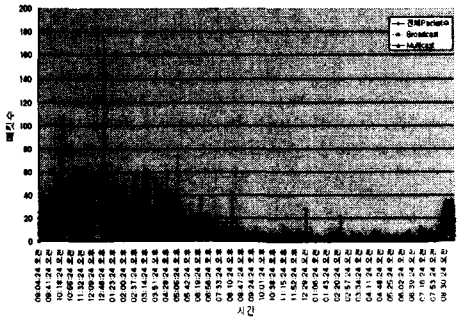

그림 5. 전체 패킷수와 Broadcast /Multicast 수의 비교

이 그림에서 전체의 패킷수 중 Broadcast와 Multicast의 수가 많은 량을 차지한다는 것을 알

수 있다. 이는 주로 IPX 프로토콜의 Broadcast신호에 기인한 것이다. 동의대학교의 경우 IPX프로토콜을 거의 사용하지 않지만, 대부분 윈도우 95에 IPX를 설정해 놓았기 때문이다. 사용하지 않는 프로토콜을 제거함으로써 불필요한 트래픽을 제거 할 수 있을 것이다.

5.3 패킷 사이즈별 분포

Ethernet의 패킷 사이즈는 최소 64byte에서 최대 1518byte의 크기를 갖는다. 패킷 사이즈별 분포는 그림 6과 같다.

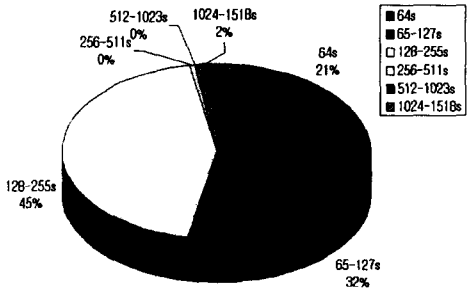

그림 6. 패킷 사이즈별 분포

사이즈별로는 128~255byte가 45%로 가장 많았고, 그 다음 65~127byte(32%), 64byte(21%) 이하 순으로 많았다. 64~127byte의 패킷은 주로 Broadcast신호에 기인한 것이다. 그리고 가장 긴 1024~1518byte의 패킷은 burst한 파일전송에 기인한 것이다.

5.4 프로토콜별 사용현황

동의대학교의 프로토콜별 사용현황은 그림 7과 표 2에 나타내었다.

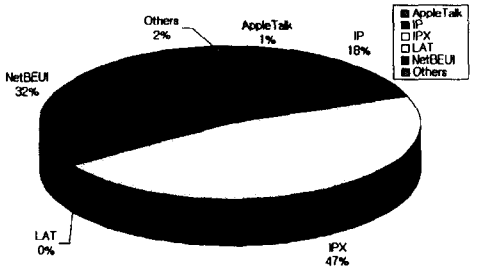

그림 7. 프로토콜별 사용현황

Protocol	Bytes	%of Bytes	Packets	%of Bytes
AppleTalk	2484796	0.84	38603	2.29
IP	53833390	18.23	146375	8.67
IPX	137639942	46.62	908904	53.82
LAT	623018	0.21	4109	0.24
NetBEUI	93685236	31.73	530578	31.42
Others	6988155	2.37	60107	3.56

표 2. 프로토콜별 사용량 비교

IPX가 가장 많았고 그 다음 NetBEUI와 IP 프로토콜이고, 기타 AppleTalk 및 LAT등이 있다. IPX의 경우 46.62%의 사용률을 보였는데, 앞에서 언급한 바와 같이 IPX패킷의 약 90%이상이 Broadcast 신호였다. NetBEUI의 경우는 하드디스크 공유 및 프린트 공유로 인한 것으로 31.73%를 차지했다. 마지막으로 IP경우 18.23%인데, 이것은 인터넷 사용의 증가로 앞으로 더욱 증가할 것이다.

5.5 노드간의 지연특성

DEUNET의 지연 특성을 알아보기 위해 Round trip time을 측정한 결과 다음과 같았다.

- 교내망의 경우 Round-trip time은 최소 1ms 이내에서 최대 8ms이내 였다.
- 연구전산망과 연결된 외부망의 경우 20ms에서 80ms이상이 걸렸다. 이는 인터넷 사용의 증가로 인해 외부망으로 나가는 노드에서 심각한 병목(bottleneck)현상이 있음을 알 수 있다.
- 나우누리망과 연결된 외부망의 경우 10ms에서 20ms사이의 시간이 걸렸다.

VI. 결론

현재 근거리 통신망은 네트워크 장비의 전반적인 가격하락과 고성능화 및 개인용 컴퓨터의 저변확대로 인해 여러 분야에서 광범위하게 응용이 되고 있다. 지금까지 네트워크의 성능분석이 모의실험이나 트래픽이론을 통해 분석한 것이 대부분이어서, 실제의 네트워크에 적용하기에는 많은 어려움이 있었다. 따라서 본 논문은 실시간 운영중인 네트워크를 분석함으로써, 이 결과를 토대로 네트워크의 설계나 증설시에 중대한 자료가 되리라 기대한다.

분석결과 회선의 이용률은 평균 1%이하였다. 이것은 트래픽의 분산이 잘되어 전체 네트워크의 설계가 잘되었다는 것을 의미한다. 그리고 사용 프로토콜의 분석에서는 IPX, NetBEUI, IP, AppleTalk, LAT순으로 나타났는데, IPX와 같이 사용하지 않는 프로토콜의 제거로 불필요한 트래픽을 줄일 수 있을 것이다.

DEUNET의 지연특성의 경우 교내의 경우는 지연이 아주 작았으나, 외부망으로 나가는 노드에서 많은 지연이 나타났다. 이를 해결하기 위한 방안으로 LAN과 LAN을 연결해주는 ATM과 같은 초고속의 WAN의 도입이 시급히 이루어져야 하겠다.

Ⅶ. 참고문헌

[1] W.E.Leland,M.S. Taqqu,W.Willinger and D.V.Wilson, On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic(Extended Version), IEEE/ACM Transaction on Networking, 2(1):pp.1-15, Feb 1994.

[2] W.Willinger, Self-similarity in high-speed packet traffic: Analysis and modeling of ethernet traffic measurements, Statistical Science, 1994.

[3] http://www.axial.co.uk/sniffer/netxray html: Cinco's NetXray - Network Analyser

[4] Douglas E. COMER, Computer Networks and Internets, PrecticeHall, Inc., pp.184-189, 1997

[5] Clark,D.D;Pogran,K.T.;and Reed,D.P., An Introduction to Local Area Networks. Proceedings of the IEEE, Nov. 1978.

[6] Douglas E. COMER, Internetworking with TCP/IP Vol.I, PrecticeHall,Inc. pp.23-47, pp.127-152, 1995.

[7] J. Martin with Kathleen Kavanagh Chapman Joe Leben, "Local Area Networks, PrenticeHall Inc., pp.326-334, 1994.

[8] S.H Jin, A Study on traffic characteristic and performance analysis of Local Area Network in real time operation, 동의대학교 석사학위논문, pp.19-27, 1998.