

# ATM LAN 시험망에서 TCP/IP 프로토콜의 성능분석

장 우 현<sup>†</sup> · 이 세 열<sup>††</sup> · 황 선 명<sup>†††</sup> · 이 봉 환<sup>††††</sup>

## 요 약

ATM 네트워크 상에서 기존의 LAN 환경의 데이터 서비스를 제공하기 위한 대표적인 프로토콜은 ATM Forum에서 제안한 LAN Emulation과 IETF에서 제안한 IPOA이다. 본 논문에서는 ATM환경에서 TCP/IP의 성능을 분석하기 위하여 현재 널리 사용되고 있는 LAN Emulation과 IPOA를 ATM LAN 상에 구현하여 각각의 성능을 비교 분석하였으며, 또한 기존의 Ethernet 환경에서의 성능과 비교하였다. 성능 비교를 위한 파라미터로는 전송지연시간, 전송률, CPU 사용률, CPU 사용률에 대한 데이터 전송률 등을 사용하였다. ATM LAN에서의 클라이언트와 서버간의 대용량 데이터 전송을 통한 성능 비교 결과 LAN Emulation과 IPOA는 Ethernet에 비하여 월등한 성능을 보였고 IPOA가 LAN Emulation에 비하여 적은 전송지연시간 및 높은 전송률을 제공하였으며, CPU 사용률에 대한 데이터 전송률에서도 IPOA가 우수한 결과를 보였다.

## Performance Evaluation of TCP/IP on ATM LAN Testbed

Woo-Hyun Jang<sup>†</sup> · Se-Yul Lee<sup>††</sup> · Sun-Myung Hwang<sup>†††</sup> · Bong-Hwan Lee<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

LAN Emulation and IPOA are the two most widely accepted network protocols which allow to provide conventional LAN-based data services on ATM LAN environment. In this paper, the performance of IPOA and LAN Emulation on ATM LAN testbed is compared and the results are compared with performance of Ethernet as well. For performance comparison, metrics such as application throughput, latency, CPU usage are used. In addition, a network program that uses the socket based TCP/IP application programming interface to send large data files from client to server via ATM LAN switch is developed. IPOA provides lower latency and higher throughput than LAN Emulation while LAN Emulation consumes more CPU usage.

### 1. 서 론

B-ISDN을 위하여 개발된 ATM(Asynchronous Transfer Mode)기술은 기존의 독립된 망을 통하여 제공되던 음성 및 비음성 서비스를 통합한 멀티미디어 서비스를 제공하는 차세대 통신기술로 인식되고 있다. 80년대

후반부터 활발히 연구되어 온 53 바이트 고정길이 셀 단위의 데이터 전송을 제공하는 ATM 기술이 제안된 이후 기존의 LAN에서의 고속 멀티미디어 서비스 제공을 위한 프로토콜 개발이 활발히 진행되고 있다. 기존의 LAN 프로토콜은 비접속형 서비스를 제공하여 텍스트 및 데이터 정보 전송에 주로 이용되었기 때문에 고속 및 고품질을 요구하는 서비스를 수용하기에는 적절치 못하였다. 접속형 서비스를 제공하는 ATM 방식은 고속의 셀 전송 및 교환이 가능하여 멀티미디어 데이터의 실시간 전송이 가능하다. 그러나 ATM 네트워크

† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 책임연구원  
†† 준 회 원 : 대전대학교 대학원 정보통신공학과  
††† 종신회원 : 대전대학교 컴퓨터공학과 교수  
†††† 종신회원 : 대전대학교 정보통신공학과 교수  
논문접수 : 1999년 9월 1일, 심사완료 : 1999년 11월 29일

를 위한 전송프로토콜의 표준화가 완료되지 않아 기존의 데이터 서비스를 제공하는 TCP/IP 프로토콜을 ATM 환경에서 제공해야할 필요성이 대두되었다. 현재 널리 사용되고 있는 LAN 환경에서 ATM 기술을 이용하기 위한 방법으로는 ATM Forum에서 제안한 LAN Emulation(LANE)과 IETF에서 제안한 IPOA(IP Over ATM)가 있으며 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[1-6]. 이외에도 기존의 전송 프로토콜을 사용하지 않고 직접 응용계층에서 ATM AAL 계층을 액세스할 수 있는 ATM API를 이용하는 방법이 있으나 API의 표준화 문제, 기존의 응용프로그램을 다시 작성해야 하는 등의 문제로 인하여 널리 사용되고 있지 않다. LANE는 제2계층 가상 LAN을 구성하는 방법이며 IPOA는 제3계층 가상 LAN에 해당한다. 따라서 본 논문에서는 현재 LAN 환경에서 사용되고 있는 IPOA와 LANE을 ATM LAN 테스트베드에 구현하여 각각의 성능을 비교 분석하고 이 결과를 기존의 Ethernet의 성능과 비교분석하여 ATM LAN의 성능을 검증하고자 한다. 성능비교 분석을 위한 평가요소로는 전송지연시간, 전송률, CPU 사용률 등을 사용하였다.

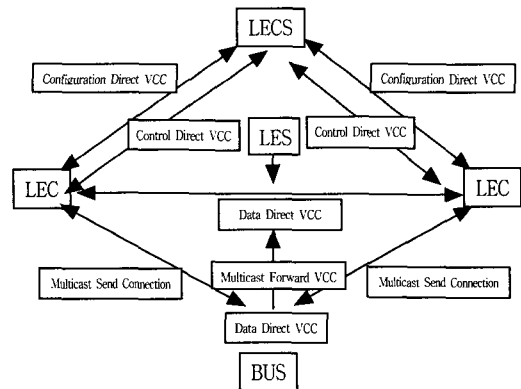
본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2절에서는 ATM LAN 기술에 대하여 살펴보고 제3절에서는 본 연구에서 구현한 ATM LAN 테스트베드의 구성에 대하여 설명하고 제4절에서는 구현한 ATM LAN에서 IPOA LANE 및 Ethernet의 성능비교 결과를 제시하고 마지막으로 제5절에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 기술한다.

## 2. ATM LAN에서의 데이터 서비스 기술

### 2.1 LAN Emulation

LANE는 접속형(Connection-oriented) 서비스를 제공하는 ATM 망에서 비접속형(Connectionless)인 LAN 트래픽을 전송할 수 있도록 하는 서비스로서 ATM Forum에서 제안되었다[7]. LANE 서비스의 주된 목적은 LAN에서 동작하는 것처럼 기존 응용들이 APPN, NetBOIS, IPX 등의 프로토콜 스택을 통하여 ATM 전송을 할 수 있도록 하는데 있다. 단일 망 내에서 여러 개의 독립된 영역을 구성할 필요가 있는 응용들을 지원하기 위해서 ATM 인터페이스가 장착된 디바이스 그룹들로 구성된 Emulated LAN(ELAN)의 정의가 필요하다. 이 디바이스그룹은 IEEE 802.3 또는 IEEE 802.5

LAN 세그먼트에 부착된 LAN 스테이션 그룹과 논리적으로는 유사하다. 단일 ATM 망 내에서 다중의 ELAN이 존재할 때, 특정 ELAN에서 발생된 브로드캐스트 프레임은 ELAN 클라이언트에게만 전송된다. 여러 개의 ELAN들이 동일한 ATM 망에 존재할 수 있는데, 이때 각각의 ELAN은 서로 독립적이며 ELAN 클라이언트간의 통신은 라우터나 브리지를 통해서만 가능하다. LANE는 클라이언트인 LEC(LAN Emulation Client)와 서버 기능을 담당하는 LES(LAN Emulation Server), LECS(LAN Emulation Configuration Server) 및 BUS(Broadcast and Unknown Server) 등으로 구성된다. LES는 MAC 주소와 ATM 주소 변환기능을 하며 LECS는 LEC에게 LES의 ATM 주소를 알려주어 LES에 접속할 수 있도록 해주고 ELAN의 정보를 알려준다. 한편, BUS는 ELAN에 등록되어 있지 않은 LEC에 데이터를 보내는 경우 브로드캐스트 기능을 담당한다. LE 클라이언트간 또는 클라이언트와 서버간의 통신은 제어 및 데이터 VCC(Virtual Channel Connection)를 통하여 이루어진다. LAN Emulation 구성 요소간의 연결형태를 나타내면 (그림 1)과 같다[7].



(그림 1) LAN Emulation 구성요소간 연결

### 2.2 IPOA(IP over ATM)

IP 호스트들이 ATM 망을 통하여 통신할 수 있도록 하기 위하여 IETF의 IP over ATM Working 그룹에서 개발한 표준이 IPOA이다. LANE에서와 달리 IPOA는 제3계층에서 가상 LAN을 구성하는 대표적인 방법이다. IPOA는 IP 프로토콜을 대상으로 하여 ATM 적 응용계층(AAL)과 IP 망 계층 사이에서 필요한 변환기능을 수행한다. 호스트 인터페이스는 LANE의 경우와 거

의 비슷하지만 주소 캐쉬가 MAC 주소가 아닌 IP 주소를 ATM 주소로 변환하는 테이블을 갖는다는 점이 다르다. 이때 IP 주소를 ATM 주소로 변환하는 가장 손쉬운 방법은 IP-ATM-ARP라는 하나의 서버를 운영하는 방법이다. IETF에서는 ATM(AAL5) 연결을 통하여 다양한 망 혹은 링크 계층 패킷을 전송하고 동일한 연결에 여러 패킷들을 다중화 하기 위한 방법을 정의하고 있다. LANE와 마찬가지로 여기서도 임의의 두 노드간에 데이터 전송을 위해 동일한 연결을 재사용하는 방법을 정의하고 있는데 UBR 혹은 ABR 트래픽에 대해 초기 연결수립 후 재연결에 따른 지연을 없앨 수 있으며 연결자원을 유지할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 연결 재사용을 위해서는 ATM 연결을 통하여 패킷을 수신하는 노드가 어떠한 종류의 패킷을 수신했는지와 이 패킷을 어떠한 상위 계층에 전달해야 하는지를 알 수 있어야 한다. RFC 1483에서는 이를 위한 두 가지 방법을 정의하고 있다[8].

(1) LLC/SNAP 캡슐화 : 이 방법은 표준화된 LLC/SNAP 헤더를 통해 식별되는 캡슐화된 패킷유형을 이용하여 단일 연결에 복수 프로토콜 유형을 지원한다. 여기서 LLC/SNAP을 이용한 캡슐화는 이를 이용하는 모든 연결이 패킷 다중화가 이루어지는 중단시스템의 LLC계층과 이루어짐을 의미한다. 이 방법은 "IP Over ATM"에 사용되고 있으며 ITU-T 및 ATM 포럼에서 ATM 망을 통해 복수 프로토콜 전송시 사용되는 기본 캡슐화 방법으로 채택된 바 있다.

(2) VC 다중화 : 이 방법에서는 연결수립 시 암시적으로 식별되는 프로토콜 유형에 따라 하나의 ATM 연결에 오직 하나의 프로토콜만이 전송된다. 따라서, LLC/SNAP 캡슐화 방법에서 필요로 하는 다중화나 패킷유형 부분이 필요 없게 된다. 데이터 패킷에 대해 LANE에서 사용되는 캡슐화 유형이 바로 VC 다중화의 한 예가 된다.

IP Over ATM을 지원하기 위해서는 IP 주소를 대응하는 ATM 주소로 변환하는 과정이 필요하다. 예를 들어 두 개의 라우터가 ATM 망을 통해 연결되어 있다고 가정할 때, 한 라우터가 LAN 인터페이스를 통해 패킷을 받는다면 어느 포트를 통하여 이 패킷을 전달할 것인지를 결정하기 위해 'next hop table'을 참조한다. 이때 이 패킷이 ATM 인터페이스를 통해 전달되어야 한다면 라우터에서는 수신 라우터의 ATM 주소

를 알아내기 위해 주소 변환표를 참조하게 될 것이다. 이 테이블은 수동으로도 갱신할 수 있지만 확장성의 문제가 있으므로 IETF IP Over ATM 실무 그룹에서는 RFC 1577에서 "Classical IP Over ATM" 프로토콜과 함께 논리적 IP 종속망(LIS : Logical IP Subnet)이라는 개념을 정의한 바 있다[9]. 보통의 IP 종속망 처럼 LIS도 동일한 IP 종속망에 속하며 하나의 ATM 망을 통하여 연결되는 IP 노드들의 집합으로 구성된다.

임의의 LIS 내에 존재하는 노드의 주소변환을 위해서 해당 LIS는 하나의 ATM ARP 서버를 필요로 한다. 이때 새로운 노드가 기존의 LIS에 추가되는 경우 해당 노드는 우선 ATM ARP 서버에 연결하며, 이를 감지한 ATM ARP 서버가 Inverse ARP 패킷을 LIS 내의 다른 클라이언트에게 보내는 동시에 추가된 노드에게는 IP 주소 및 대응하는 ATM 주소를 요청하여 이를 ATM ARP 테이블에 저장하게 된다. 연결설정을 원하는 호스트는 상대방 IP 어드레스를 LIS 내에 있는 ARP 서버에게 전송하여 상대방 ATM 어드레스를 알아내어 ATM 신호방식에 의해 연결을 설정하여 IP 패킷을 전송하게 된다. 최근에는 Inverse ARP 패킷을 삭제하고 클라이언트 메시지를 해석하여 서버가 정보를 얻도록 하는 방법이 논의되고 있다.

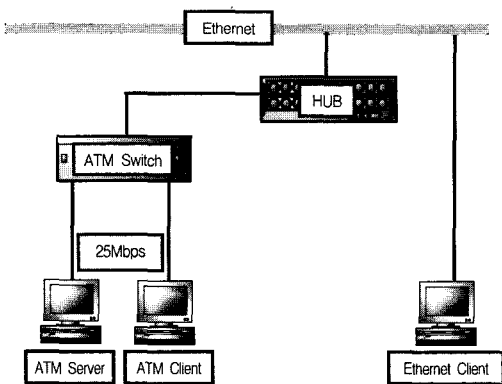
현재 RFC 1577에 정의된 "Classical IP Over ATM"에서는 과거 고전적인 호스트 요구사항에 따라 서로 다른 LIS 내에 존재하는 두 호스트간의 직접통신을 위해서는 반드시 출발지에서 목적지에 이르는 경로 내의 중간 ATM 라우터를 반드시 거치도록 정의하고 있다. 따라서 ATM 라우터에 심각한 병목현상이 발생할 수 있을 뿐만 아니라 두 통신노드 간의 요청된 QoS를 만족하는 단일한 연결의 수립을 배제하는 문제점을 가지고 있다.

ATM 네트워크 테스트베드에서 TCP/IP의 성능 분석 및 성능 개선을 위한 이론 및 실험적인 연구는 수년 전부터 진행되어 왔다[10-15]. 실험적인 연구결과는 공유매체 상에서 브로트캐스트 방식을 이용하는 기존의 LAN 프로토콜과 QoS를 보장하는 접속형(connection-oriented) 방식을 채택하고 있는 ATM 방식 사이의 불일치를 해결하고 ATM 상에 TCP/IP를 올려 데이터 전송을 하는 경우 어느 정도의 성능이 제공되는지를 측정하기 위한 노력이라고 하겠다. 대부분의 기존 연구는 현재 사용 가능한 고성능 프로세서를 탑재한 시스템을 단말로 이용하고 있으며 단말과 ATM 스위

치 사이는 광케이블을 이용한 STM1(155Mbps) 연결을 기반으로 하고 있다. 또한, IPOA와 LANE 만의 성능 비교 결과를 제공하고 성능측정을 위한 파라미터 설정 시 서버와 클라이언트 사이의 버퍼의 영향을 고려하지 않고 있다. 그러나 본 연구에서는 기존의 LAN 연결에서 가장 널리 사용되고 있는 UTP 케이블을 이용한 ATM25 환경을 사용하므로 보다 실용적이고 구축비용도 저렴한 환경을 기반으로 하고 있다. 이 환경에서 IPOA, LANE 및 Ethernet 상에 TCP/IP에 대한 성능을 비교·분석하였으며 서버와 클라이언트의 버퍼가 서로 다른 경우에 대한 분석 결과 및 CPU 사용률에 대한 데이터 전송률 등의 성능 측정 파라미터를 개발하여 성능평가 기준으로 사용하였다.

### 3. ATM LAN의 구현

LANE와 IPOA의 성능을 분석하기 위하여 구현한 ATM LAN 테스트베드의 구성도는 (그림 2)와 같다.



(그림 2) ATM LAN의 구성도

ATM 스위치는 ATML사 제품으로 25Mbps 12포트와 155Mbps 2포트를 제공하며 기존의 LAN과의 연동을 위하여 Ethernet 모듈을 장착하였다[16, 17]. (그림 2)에서 두 대의 ATM 서버와 클라이언트는 Windows95를 탑재한 133Mbps Pentium PC이며 각각 PCI ATM 어댑터 카드를 사용하여 UTP 케이블로 ATM 스위치에 접속하였다. 한편, ATM 스위치에 장착되어 있는 Ethernet 모듈을 통하여 Ethernet 허브와 접속하였다. 기존의 Ethernet 클라이언트는 Ethernet 백본에 접속되며 ATM 클라이언트와 서버와의 접속을 위한 시그

널링으로는 ATM Forum UNI 3.1을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 ATM LAN 테스트베드에 사용된 시스템의 제원을 나타내면 <표 1>과 같다.

<표 1> ATM LAN 구성장치의 제원

장치	구분	모델명	사양	비고
ATM 교환기		VIRATA SWITCH (VM1000)	UNI 구현	25Mbps 12 Port 155Mbps 2 Port
ATM Server		Legend 982CDT	133 MHz	PCI ATM 어댑터
ATM Client		Legend 982CDT	133 MHz	PCI ATM 어댑터
Ethernet Client		LG IBM A59	200 MHz	3Com EtherLink
HUB		PLANET	16 Port	10BASE-T

### 4. 성능평가

#### 4.1 성능평가 기준

본 연구에서 구현한 ATM LAN 테스트베드에서 LANE와 IPOA 및 기존의 Ethernet의 성능을 비교 분석하기 위하여 하기 위한 파라미터로는 전송지연시간, 전송률, CPU 사용률, CPU 사용률에 대한 데이터전송률 등을 사용하였다. 각 파라미터를 이용한 성능 측정 방법은 다음과 같다.

- 전송지연시간(latency)

클라이언트와 서버 사이에 데이터 전송지연시간을 측정하기 위하여 Visual C++5.0에서 제공되는 WinSock2 API를 이용하여 데이터 송수신 네트워크 프로그램을 개발하였다[18]. 즉, 클라이언트는 서버와 스트림 소켓(TCP)을 열어 연결설정이 되면 대량의 동화상 파일을 서버로 전송한다. 전송되는 데이터는 1Mbyte에서 10Mbyte까지 1Mbyte 간격을 갖는 10개의 파일을 클라이언트에서 서버로 전송하여 전송지연시간을 평균하여 구한다. 평균 전송지연시간을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{평균 전송지연시간} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_i - S_i)$$

여기서  $R_i$ 는  $i$ 번째 데이터를 수신측에서 수신한 시간이고  $S_i$ 는  $i$ 번째 데이터를 송신측에서 송신한 시간을 나타낸다.

- 전송률(transfer rate)

전송률은 테스트베드 상의 클라이언트와 서버 시스템에서 동작하고 있는 응용프로세스 간의 최대 전송

를 평균한 값이다. 클라이언트와 서버 시스템은 각각 ATM LAN 스위치의 25Mbps 포트에 연결되어 있으므로 이론적인 최대 대역폭은 25Mbps이나 클라이언트와 서버의 처리능력, 버퍼크기, ATM 스위치에서의 스위칭 속도 등에 영향을 받게 된다. 본 실험에서는 클라이언트의 버퍼 크기가 서버 보다 클 경우와 작을 경우로 나누어 전송률을 측정하였다. 전송률을 측정하기 위하여 ATM 스위치 제조업체에서 제공하는 ATM Protocol Monitor를 사용하였다.

● CPU 사용률(CPU usage)

CPU 사용률 측정을 위해 Windows에서 제공하는 성능 모니터 툴을 사용하였다.

4.2 전송지연시간(Latency)

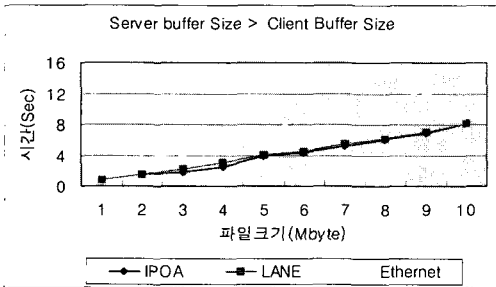
전송지연시간의 측정은 데이터의 크기를 1Mbyte에서 10Mbyte까지 다양한 데이터 크기를 갖는 동화상 데이터를 클라이언트에서 서버로 전송한 경우 지연시간을 평균하여 구한 값이다. 클라이언트와 서버의 버퍼 크기가 전송지연시간에 영향을 미치기 때문에 서버의 버퍼가 클라이언트의 버퍼 보다 큰 경우와 작은 경우로 나누어 측정하였다. (그림 3)과 (그림 4)는 각각

서버의 버퍼 크기가 클라이언트의 버퍼 보다 큰 경우와 작은 경우 IPOA, LANE 및 기존의 Ethernet에서의 전송지연시간을 나타낸 것이다. 그림에서 가로축은 클라이언트에서 서버로 전송한 데이터의 크기를 나타내고, 세로축은 각각의 전송지연시간을 나타낸다.

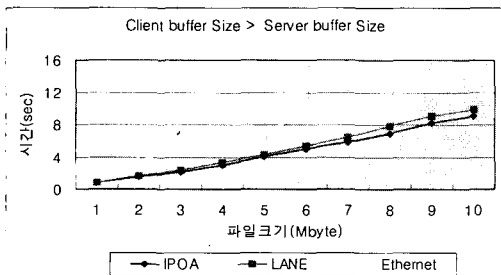
(그림 3)과 (그림 4)에서 보는 바와 같이 서버의 버퍼가 클라이언트 보다 큰 경우 작은 경우에 비하여 전송시간 지연이 작음을 알 수 있다. 이는 서버의 버퍼가 충분히 클 경우 클라이언트에서 서버 버퍼에 데이터를 전송하는 동안 블럭킹이 일어나는 횟수가 적어지기 때문이다. ATM에 TCP/IP를 수용하는 IPOA와 LANE의 경우 기존의 Ethernet 보다 전송지연시간이 30~40%정도 감소함을 알 수 있다. 또한, 서버의 버퍼가 클라이언트의 버퍼 보다 큰 경우 IPOA와 LANE의 전송지연시간은 거의 동일 하지만 클라이언트의 버퍼 크기가 작은 경우 IPOA가 보다 우수한 결과를 보이고 있다.

4.3 전송률(Transfer Rate)

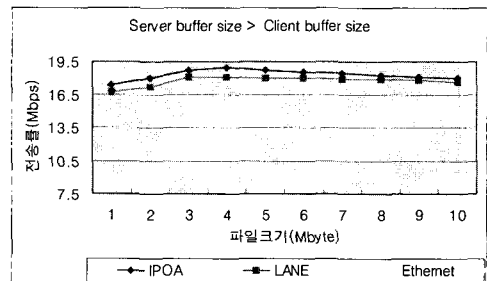
(그림 5)와 (그림 6)은 각각 서버의 버퍼가 클라이언트의 버퍼 보다 큰 경우와 작은 경우 IPOA와 LANE 및 Ethernet에서의 전송률을 나타낸 것이다. 전송률의 측정을 위해 크기가 다른 10개의 동화상 파일을 클라이언트에서 서버로 전송한 경우 모니터 프로그램을 이용하여 전송률을 측정하여 평균값을 구하였다. 그림에서 가로축은 클라이언트에서 서버로 전송한 데이터의 크기를 나타내고, 세로축은 평균 전송률을 나타낸다. 이 경우 IPOA가 LANE 보다 다소 우수한 결과를 보였으며 Ethernet의 경우 가장 낮은 전송률을 보였다. 또한, 전송지연시간의 경우와 마찬가지로 서버의 버퍼가 클라이언트의 버퍼 보다 큰 경우 더욱 큰 성능의 차이를 보였다. LANE이 IPOA에 비하여 다소 성능이 떨어지는 이유는 LANE이 IPOA에 비해 오버헤드가 많고 프로토콜이 복잡하기 때문이다.



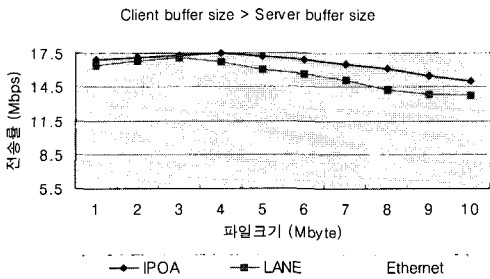
(그림 3) 전송지연시간 비교(서버버퍼 > 클라이언트버퍼)



(그림 4) 전송지연시간 비교(서버버퍼 < 클라이언트버퍼)



(그림 5) 전송률 비교(서버버퍼 > 클라이언트 버퍼)



(그림 6) 전송률 비교(서버버퍼 < 클라이언트 버퍼)

지금까지 실험을 통하여 얻은 전송지연시간과 전송률을 도표로 나타내면 <표 2>와 같다. <표 2>에 나타난 바와 같이 서버의 버퍼와 클라이언트의 버퍼 크기에 관계없이 IPOA가 LANE 보다 낮은 전송지연시간을 보였고 Ethernet의 경우는 이 보다 훨씬 큰 전송지연시간을 나타냈다. 한편, 데이터 전송률에서도 LANE는 IPOA 보다 우수한 결과를 제공하였으며 Ethernet은 가장 낮은 전송률을 보였다. 일반적으로 전송지연시간은 전송률과 반비례 관계를 가지므로 본 실험에서 얻은 결과는 일관성이 있음을 알 수 있다. 또한, 서버의 버퍼가 클라이언트의 버퍼 보다 큰 경우 보다 우수한 결과를 제공하였는데 이는 클라이언트에서 서버로 데이터를 보내는 동안 블로킹이 더 적게 일어나기 때문이다.

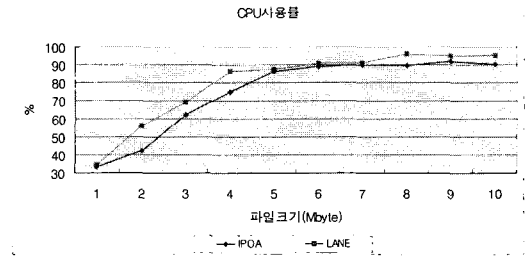
<표 2> 전송지연시간 및 전송률의 비교

parameter protocol	latency(전송지연시간)		transfer rate(전송률)	
	server buffer > client buffer	server buffer < client buffer	server buffer > client buffer	server buffer < client buffer
LANE	moderate	moderate	moderate	moderate
IPOA	low	low	high	high
Ethernet	very high	very high	very low	very low

4.4 CPU 사용률

(그림 7)은 IPOA와 LANE에 대한 단말의 CPU 사용률을 나타낸 것이다. 그림에서 가로축은 데이터의 크기를 나타내고 세로축은 CPU 사용률을 백분율로 나타낸다.

CPU 사용률에서 IPOA는 평균 75%, LANE은 80% 정도의 사용률을 보였다. 여기서 LANE의 사용률이 IPOA 보다 높은 것은 최대 데이터 전송단위의 크기가

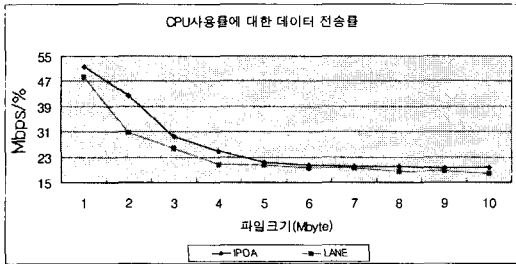


(그림 7) CPU 사용률 비교

IPOA 보다 작기 때문에 서버시스템에 더 많은 횡수의 전송요청을 해야하고 이로 인한 시스템의 오버헤드로 인하여 높은 CPU 사용률을 나타내게 된 것이다. CPU 사용률의 실험에 사용된 하드웨어 제원은 Pentium 133MHz Processor이며 IP Over ATM과 LAN Emulation 모두 파일 크기가 5Mbyte에서 거의 CPU의 90% 정도 사용되었다. 테스트에 사용된 CPU의 성능을 단적으로 판단하기에는 미흡하나 다른 응용프로그램이 수행되지 않는 상태에서 테스트를 하였으므로 Pentium 133MHz CPU에서는 5Mbyte정도의 파일전송이 한계점으로 인식되며, CPU의 성능에 따라 전송률 또는 전송지연시간에도 영향을 끼친다는 것을 간접적으로 나타내고 있다. 실험에 사용된 Pentium 133MHz 보다 우수한 성능을 지닌 Processor라면 5Mbyte를 전송하는 경우 훨씬 낮은 CPU 사용률을 보일 것이며 또한 전송지연시간 및 전송률에서도 보다 우수한 결과를 보일 것이다. 따라서 ATM이 제공하는 능력을 최대한 활용하기 위해서는 ATM 장비뿐 아니라 단말이 가지는 하드웨어적인 처리능력 및 운영체제에 대한 고려도 필수적인 실험을 통하여 알 수 있다.

한편, IPOA와 LANE에 대하여 데이터를 전송할 때 사용한 최대 전송률과 CPU 사용률의 관계를 알아보기 위하여 CPU 사용률에 대한 데이터 전송률을 (그림 8)에 나타내었다. 이 비율은 전송률이 높을수록 CPU 사용률이 낮을수록 큰 값을 갖게 된다. (그림 8)에서 데이터의 크기가 1Mbyte일 때 CPU 사용률에 대한 데이터 전송률은 50 정도의 값을 갖는데 이는 펜티엄 133MHz에서 데이터 전송률인 17Mbps를 이 때 사용한 CPU 사용률 34%로 나눈 값이다. 실험 결과 IPOA는 LANE 보다 높은 CPU 사용률에 대한 전송률 값을 갖는다. 즉, 동일한 프로세서를 사용하더라도 IPOA를 사용하여 데이터를 전송하면 시스템 자원을 덜 사용하

면서 보다 높은 전송률을 제공할 수 있음을 의미한다. 또한, 하드웨어의 성능이 좋을수록 CPU 사용률을 줄이면서 데이터 전송률을 높일 수 있게된다.



(그림 8) CPU 사용률에 대한 데이터 전송률 비

### 5. 결 론

본 연구에서는 ATM LAN을 구현하여 ATM 네트워크에 TCP 수용 방안으로 채택되어 널리 활용되고 있는 IP over ATM 및 LAN Emulation의 성능을 측정하여 비교 분석하였다. 기존의 Ethernet과 이 두 프로토콜들의 성능을 비교 분석하기 위하여 평균전송지연시간, 전송률, CPU 사용률 등 다양한 성능 측정 파라미터를 사용하였다. ATM LAN 테스트베드에서 클라이언트에서 서버로 다양한 크기의 데이터를 전송하는 경우 클라이언트의 버퍼가 서버의 버퍼 보다 큰 경우 및 작은 경우로 나누어 각 파라미터에 따른 결과를 제시하였다.

성능 측정 결과 전송지연시간 및 전송률에서 IP over ATM 및 LAN Emulation이 기존의 Ethernet 보다 아주 우수한 성능을 보였고 IP over ATM이 LAN Emulation 보다 다소 우수한 결과를 보였다. 이는 IPOA는 초기 패킷 전달을 위한 지연시간이 적고 LANE에 비해 오버헤드가 적으며 MTU가 크므로 시간지연 및 전송률에서 우수한 결과를 제공한 것으로 보인다. CPU 사용률의 경우 LAN Emulation이 IPOA보다 우수한 결과를 보였다.

실험결과를 종합해보면 ATM25 환경에서 프로세서 성능이 우수하지 않은 133MHz 시스템을 이용하여 데이터 전송을 하는 경우 멀티미디어 화상회의나 VOD 등의 멀티미디어 서비스를 실시간으로 처리하는 데는 다소 적합하지 않음을 알 수 있다. 따라서 실시간 데이터 전송을 위해서는 현재 제공되고 있는 고성능 PC

또는 워크스테이션을 단말로 사용할 필요성이 있으며 PC 환경에서는 윈도우즈 대신 최근 널리 사용되고 있는 NT나 Linux가 보다 우수한 성능을 제공할 것으로 사료된다. 본 논문에서 사용한 ATM 테스트베드에서는 IPOA가 LANE 보다 우수한 성능을 제공하였으나 그 성능의 차이가 별로 크지 않기 때문에 IP 이외의 다른 프로토콜도 수용할 수 있는 장점을 지니고 있는 LANE가 발전 가능성이 더욱 크다고 하겠다.

향후 연구과제로 ATM LAN 상에서의 UDP의 성능 및 UNIX/Linux 환경에서의 IPOA와 LAN Emulation의 성능을 비교 분석할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] A. Romanow and S. Floyd, "Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.13, No.4, May 1995.
- [2] A. Grilo and M. S. Nunes, "TCP over native ATM," Proc. of the Broadband European Networks and Multimedia Services, Zurich, Switzerland, May 1998.
- [3] L. Salgarelli et al, "Efficient Transport of IP Flows Across ATM Networks," IEEE ATM '97 Workshop, Lisboa, Portugal, May 1997.
- [4] S. Kalyanaraman et al, "Performance of TCP/IP over ABR Service on ATM Networks," Globecom 96, London, Nov. 1996.
- [5] S. Zeadally, "A Performance of IP Implementations on ATM Networks," Proc. of the Performance and Control on Network Systems, Texas, USA, July 1998.
- [6] S. Zeadally, "TCP-UDP/IP Performance over ATM on Windows NT," Proc. of the IEEE ATM '97 Workshop, Lisboa, Portugal, May 1997.
- [7] ATM Forum, LAN Emulation Over ATM Version 1.0, 1995.
- [8] J. Heinanen, "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5," RFC 1483, July 1993.
- [9] M. Laubach, "Classical IP and ARP over ATM," RFC1577, April 1994.
- [10] S. Zeadally, "A Performance Comparison of IP

Implementations on ATM Networks," Proc. of Performance and Control of Network Systems, Texas, July 1998.

- [11] S. Zeadally, "TCP-U에 Performance over ATM on Windows NT," Proc. of the IEEE ATM'97 Workshop, Lisboa, Portugal, March 1997.
- [12] S. Kalyanaraman et al, "Performance of TCP/IP over ABR Service on ATM Networks," Globecom '96, London, Nov. 1996.
- [13] H. Li, "A Simulation Study of TCP Performance over ABR and UBR Services in ATM LANs," IEICE Trans. on Communications, Vol.79, May 1996.
- [14] M. Kara and M. A. Rahin, "Towards a Framework for Evaluation of TCP Behavior," ICC'97, Cannes, France, Nov. 1997.
- [15] A. Grilo and M. S. Nunes, "TCP over native ATM (TONA)," Proc. of the Broadband European Networks and Multimedia Services, Zurich, Switzerland, may 1998.
- [16] ATML, Virata Switch User's Manual, July 1996.
- [17] ATML, ATM PCI Virata Link Network Interface Card Manual, July 1996.
- [18] 김기문, 비주얼 C++ 정복, 가남사, 1998.



### 장우현

e-mail : whjang@pec.etri.re.kr  
 1982년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
 1991년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(이학석사)  
 1992년~현재 한국전자통신연구원 정보통신표준연구센터 책임연구원

관심분야 : 소프트웨어공학, 분산시스템



### 이세열

e-mail : sylee@ice.taejon.ac.kr  
 1996년 대전대학교 물리학과 졸업(학사)  
 1999년 대전대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)  
 관심분야 : ATM, 초고속통신망 응용, 멀티미디어통신 등



### 황선명

e-mail : sunhwang@dragon.taejon.ac.kr  
 1982년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
 1984년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)  
 1987년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사)

1988년 독일 Bonn대학 Informatik III post doctor  
 현재 대전대학교 컴퓨터공학과 부교수  
 관심분야 : 소프트웨어 테스트, 소프트웨어 재공학, 역공학, 품질보증, 표준화



### 이봉환

e-mail : blee@dragon.taejon.ac.kr  
 1985년 서강대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1987년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1993년 텍사스 A&M 대학교 전기과 졸업(공학박사)

1987년~1995년 한국통신 연구원  
 1995년~현재 대전대학교 정보통신공학과 조교수  
 관심분야 : 컴퓨터네트워크, ATM 네트워크, 멀티미디어 통신