

## 고속 ATM 라우터의 성능 분석에 관한 연구

조 성 국\*

### A Study on the Performance Analysis of a High-Speed ATM Router

Sung-Kuk Cho\*

#### 요 약

본 논문에서는 ATM 스위치를 사용한 고속 라우터의 구조를 고찰하고 시뮬레이션을 통하여 고속 ATM 라우터의 성능을 분석하였다. ATM 스위치를 사용한 고속 ATM 라우터는 플로우(flow)로 정의된 패킷에 대하여 라우터의 처리과정을 생략하고 ATM 스위치를 사용하여 IP 패킷을 처리하기 때문에 라우터의 부하를 줄일 수 있다.

성능 분석을 위한 시뮬레이션에서는 고속 ATM 라우터의 성능 파라미터인 라우팅 시간(routing time:RT), 플로우 테이블 크기(flow table size:FS), 플로우 리스트 유지시간(flow live time:FT)과 입력 회선 효율을 변화시키면서 라우터의 버퍼 크기를 고찰하였다.

본 논문의 결과는 네트워크를 Upgrade 하거나 ATM 스위치를 이용하여 고속 ATM 라우터를 구현할 때 장비의 적합성을 분석할 수 있는 자료로 사용될 수 있다.

#### Abstract

In this paper, the architecture of a high-speed ATM router using ATM switch is studied and the performance of the high-speed ATM router is analyzed through simulation. The high-speed ATM router using ATM switch is able to reduce the load of router and the processing time of a packet in the router.

The size of router buffers has been studied through simulation processes for the analysis of performance capacity in due course of making changes in routing time(RT), which is the performance capacity parameters of high-speed ATM routers, flow table size(FS), flow live time(FT) and input circuit efficiencies.

The result of this study can be used as the source material for analyzing the suitability of equipment in upgrading networks and applying high-speed ATM routers by using ATM switches.

\* 원주대학 전산정보처리과 부교수

논문 접수 : 2000년 11월 25일 심사 완료 : 2001년 1월 25일

## I. 서론

인터넷이 급속도로 일반화되면서 인터넷에 서비스(service)를 제공하는 웹 서버(web server)는 대략 반년마다 두 배로 증가하고 있다. 이러한 서비스의 빠른 발전은 인터넷에 전송되는 패킷(packet)에도 큰 변화를 가져왔다.

웹이 사용되기 이전 네트워크에서의 서비스 트래픽 유형은 텍스트(text) 중심의 메일(mail)이나 서버 접속이 대부분이었다. 그러나 그래픽(graphic) 중심의 웹 기반 네트워크는 기존 텍스트 중심에서의 데이터(data)에 비해 많은 양의 패킷 전송을 필요로 하였다.

데이터 링크 측면에서 ATM이 등장하기 전에 이미 거대한 기존의 네트워크가 존재하고 있었다. 따라서 ATM을 기존의 네트워크에 적용하기 위해서는 기존의 LAN을 대체가 아닌 다른 접근, 즉 기존의 네트워크를 그대로 활용하면서 ATM을 백본으로 활용하는 방법이 모색되어야 한다. 그런데 ATM과 LAN이 데이터 링크계층에서 서로 다른 연결 방법을 취하고 있기 때문에 ATM에서 기존 LAN 데이터를 인식하고 투명한 재전송을 할 수 있는 방법이 필요하다.

ATM을 이용한 기존 네트워크의 고속화 방법은 현재 널리 연구되고 있다. 대부분의 이런 기술은 고속 패킷 전송기술로서 3계층 라우팅과 2계층 스위칭 방법을 동시에 사용한다. 대표적으로 MPOA(Multi Protocol over ATM), IPSW(IP Switch)[1][2], CSR(Cell Switch Router)[3][4], 그리고 Tag 스위치 방법 등이 있다.

이러한 방법들 대부분이 아직 이론적이며 구현이 미흡하기 때문에 실제 적용되었을 경우 어떤 성능을 발휘할 수 있는가에 대해서는 예측이 불가능하다. 본 논문에서는 ATM 스위치를 기존의 라우터와 결합한 고속 라우팅 방법을 고찰한 후 시뮬레이션을 통해 기존 라우터에 비해 ATM 스위치를 이용한 라우터의 성능 개선을 분석하였다.

## II. ATM에서 IP 패킷 전송

현재 네트워크에서 네트워크간 패킷 전송은 헤더정보에 의존한다. 따라서 고속 패킷 전송이 가능하려면 라우터에서 헤더 검색을 고속화하거나 생략할 수 있어야 한다. 현재 많이 연구되고 있는 방법은 라우터에서 패킷의 헤더 정보를 VPI(Virtual Path Identifier)/VCI(Virtual Channel Identifier)로 매핑하여 패킷 헤더 검색을 생략하는 방법이다.

### 2.1 라우터와 스위치를 이용한 IP 패킷전송 (IPSW)

IP 스위치는 3계층 주소를 기반으로 하는 기존 라우터의 기능과 ATM 스위치를 이용한다. 라우터를 이용하는 패킷 전송과 스위치를 통한 패킷 전송을 동시에 사용함으로써 고속 라우팅을 실현하였다. IP스위치는 ATM장비를 이용하지만 ATM의 채널 설정에 필요한 시그널링(signaling)이나 각종 제어 기능 없이 자체 개발한 프로토콜을 사용한다. 따라서 IP스위치는 ATM 스위치와 다음과 같은 차이가 있다.

우선 ATM이 VPI/VCI를 바탕으로 한 중단간 연결을 통해 QoS를 지원하지만 IP스위치는 IP주소를 바탕으로 홉(hop)간 연결을 지향하기 때문에 하드웨어적인 QoS를 지원할 수 없다.[5] 그리고 ATM이 소스에 의한 경로 설정을 하는 반면, IP스위치는 목적지에 의해서 연결이 초기화 된다. 또한 ATM이 입출력에서 셀을 이용하여 데이터의 전송을 하는 반면 IP 스위치는 패킷을 고속으로 라우팅하기 위하여 ATM 셀을 이용한다. IP 스위치의 구조는 그림 1과 같다.

ATM을 IP 계층에 접목시킨 IPSW는 기존의 망에 구조 변경없이 고속의 백본으로 사용할 수 있고 확장이 용이한 방법이다. IPSW에서 초기의 모든 데이터는 라우터를 이용하여 전송된다.

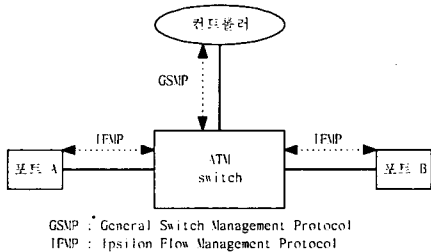


그림 1. IP 스위치의 구조  
Fig. 1. IP switch configuration

라우터와 다운노드는 전송되는 패킷을 감시하고 이러한 패킷이 대용량의 데이터, 또는 연속 데이터에 해당한다면 고속 전송을 위하여 스위치를 이용한다. 스위치를 이용하기 위해서는 플로우 설정이 우선되어야 한다. 플로우 설정이 설정이후 플로우에 해당하는 패킷은 초기 패킷 전송과는 다른 채널을 통하여 전송된다.

IP 스위치에서는 플로우 단위로 라우터 패킷을 스위치를 통하여 전송한다. 플로우란 소스로부터 적당한 라우팅을 거쳐 목적지로 보내지는 연속적인 패킷을 일컫는다. IP 플로는 TCP(Transmission Control Protocol)/UDP(User Datagram Protocol)의 헤더(service type, protocol, source address, destination address, source port, destination port 등)에 의해서 특성이 분류되며 두 패킷이 동일 플로우 상에 있다면 이 부분의 값은 동일하다. 패킷이 디폴트 포워딩 채널(VPI=0, VCI=15)을 통해서 들어왔다면 포워딩을 위하여 다시 조립되어 컨트롤러로 보내진다. 컨트롤러는 이 패킷에 대한 라우팅에 의해 포워딩을 하고 이 패킷에 대한 플로우 리스트 등록 결정을 한다.

현재 이런 플로우를 결정하는 방법에는 세 가지가 있다. 첫번째는 호스트를 사용하여 결정하는 방법이다. 동일한 호스트의 소스 및 목적지 주소를 갖는 패킷을 하나의 플로우로 결정한다. 두 번째는 포트를 이용하여 결정하는 방법이다. 동일한 소스 및 목적지 주소 위에 동일한 포트를 사용하는 패킷을 하나의 플로우로 결정하는 방법이다. 그리고 가장 최근 새롭게 추가된 플로우 형태는 동일한 네트워크 사이에 패킷을 플로우로 설정하는 방법이다[6].

IP 패킷이 ATM 스위치로 들어온 경우 이 IP 패킷에 대하여 저장된 정보가 없다면 이 패킷은 디폴트 VC(VPI=0, VCI=15)를 통하여 컨트롤러로 보내진다. 이 패킷을 플로우로 결정할 필요가 있으면 IFMP를 이용하여 VC를 할당하고 이 정보를 제어기에 저장하게 되며 모든 I

FMP 메시지는 LLC/SNAP에서 헤더 정보를 빼버리고 처음의 정보를 IP 패킷으로 하는 캡슐화 방법을 사용한다.[7]

IP 스위치에서 3계층의 라우팅을 2계층의 스위치로 전환하는 방법을 그림 2에 보이고 있는데 이때 두 채널은 스위치에 의해 전송이 되고 더 이상 컨트롤러는 전송에 관여하지 않고 단지 이 채널을 관리하는 일을 하게 된다.[3]

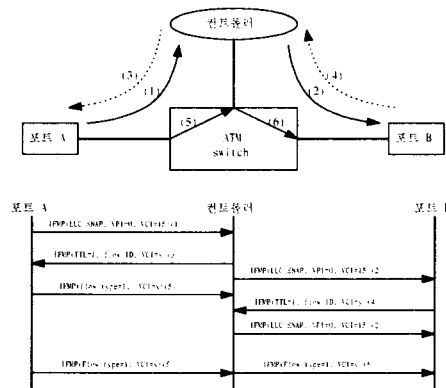


그림 2. 플로우에 의한 패킷 전송  
Fig. 2. Flow based packet transmission

### 2.2 CSR에 의한 ATM과 IP의 통합

CSR은 IP 프로토콜 뿐만 아니라 ATM 셀의 전송까지 고려한 기술이다. CSR에서 모든 패킷은 LLC/SNAP 캡슐화 방법을 사용하여 멀티프로토콜을 지원한다. 현재 CSR에서 제시하고 있는 바이패스 결정방법은 TCP와 UDP의 포트 번호에 대해서만 규정하고 있다. 플로우를 구성하여 패킷을 보내는 방법에는 여러 가지가 있는데 크게 ATM-ATM, ATM-LAN사이의 전송에 관하여 살펴볼 수 있다.[8]

ATM망에서 ATM으로 전송할 경우 VPI/VCI에 의한 종단간 연결이 가능하다. 셀이 도착하면 입력 셀의 VPI/VCI를 확인하고 다음 홉의 VPI/VCI를 정의한다. 종단간의 연결이므로 패킷의 TTL(Time To Live)은 감소되지 않는다. ATM 망의 종단은 대부분 기존의 네트워크가 존재한다. 이때 셀은 IP 패킷으로 조립되고 CSR은 플로우 ID와 IP 주소를 확인하고 다음 호스트나 라우터를 결정한다. 그리고 이때 셀은 패킷으로 조립되었으므로 패킷을 TTL을 감소시킨다. 이외에 기존의 네트워크에서 ATM망으로 전송될 경우가 있는데 이때 에지(edge) CSR은 도착한 패킷의 플로우 ID와 IP 주소를 확인한 후 패킷의

TTL을 감소시키고 다음 CSR의 VPI/VCI로 패킷을 셀로 변환한다.

CSR 사이에는 기존의 라우터가 가지고 있는 것과 동일한 라우팅 테이블을 가지고 있다. 테이블은 라우터 사이에 정보 교환을 위해 사용되는 프로토콜에 의해 유지된다. 이런 정보를 이용하여 패킷이 CSR에 전송되면 CSR은 IP 패킷을 적당한 라우터로 포워딩 한다. ATM 네트워크에서 다른 형태의 네트워크로 전송될 때 ATM-VCC는 라우터에서 끝나고 기존 IP 포워딩 방법을 사용한다. 그림 3은 CSR에서 채널 설정과 해제 과정을 보여주고 있다.

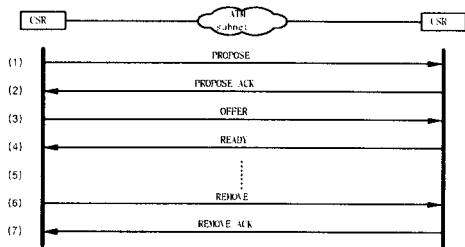


그림 3. CSR에서 바이패스 경로 설정  
Fig 3. Bypass channel construction on CSR

### 2.3 고속 라우팅 기술 고찰

지금까지 ATM으로 기존의 LAN을 대체하기 위한 방법에 대해서 알아 보았다. 기존의 LAN과 ATM의 가장 큰 차이는 ATM이 연결형인 반면 LAN의 트래픽은 비연결형이라는 데 있다

그래서 위와 같이 ATM을 LAN에 적용하기 위한 방법들이 제안되고 있다. 그러나 지금까지 사용되고 있는 LAN이 널리 존재하고 있으므로 ATM을 이용하여 LAN을 고속화하는 일은 상용 가능성이 높다. 위의 방법들은 아직 상용화가 되지 않은 기술들도 있지만 LANE처럼 표준으로 채택되어 상용화 된 것도 있다.

LANE와 IPOA는 현재 3계층 라우팅을 2계층 스위칭을 이용하여 고속화하는 방안중의 하나인 MPOA에서 대부분의 기능을 채택하고 있다. 또한 IPOA에서 채택하고 있는 LLC/SNAP는 다른 많은 프로토콜에서 사용하고 있다. IP 스위치는 IP 프로토콜만 지원한다는 단점을 가지고 있지만 현재 인터넷의 대부분이 IP 프로토콜을 사용하는 점을 고려할 때 많은 연구를 필요로 하는 기술이다. CSR은 현재 연구가 진행중인 기술로 IP 스위치와 비슷한 방법을 사용하고 있다. 그러나 IP 스위치에 비해

서 망의 진화에 많은 역점을 두고 있다.

이외에 현재 많은 회사들이 라우팅과 스위칭을 결합한 기술을 연구 중이다. 폭주 상태에 있는 인터넷을 고려할 때 이러한 기술은 고가의 기가비트 라우터를 대신할 수 있는 좋은 방법이다.

## III. 시뮬레이션 및 고찰

### 3.1 시뮬레이션 모델

그림 4에서 입력되는 트래픽은 LAN의 트래픽이 기본 단위가 된다. 이렇게 유입된 패킷은 ATM 셀로 나뉘어진다. AAL 5를 사용하므로 각 패킷의 마지막 셀은 패킷의 종료 정보(AUU=1)를 가진다.

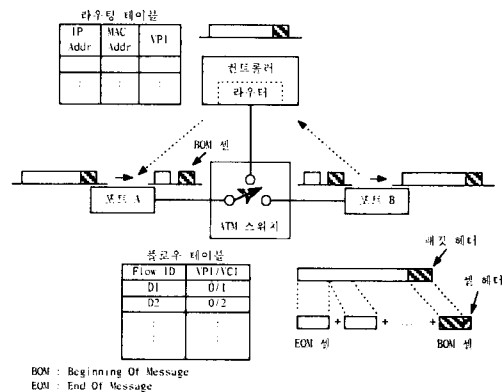


그림 4. ATM 스위치를 이용한 라우팅  
Fig. 4. Proposed routing model on ATM switch

유입된 LAN 트래픽은 스위치의 입력 부분에서 플로우에 대한 결정을 한다. 테이블에 입력된 셀의 정보가 없다면 해당 셀은 라우터로 가서 다시 조립된다. 라우터는 패킷이 완성되면 라우팅 테이블을 검색하여 새로운 MAC 주소를 패킷에 넣고 다운 링크로 보낸다. 그리고 해당 패킷이 플로우 결정에 해당한다면 패킷에 대한 정보를 업 링크로 보낸다. 다운 링크도 라우터와 같은 플로우 결정 메시지를 라우터로 전송하게 된다.

ATM 스위치로 입력되는 모든 링크의 속도는 155Mbps를 가정하였다. 이때 하나의 셀이 가지는 링크상의 시

간은 약 2.74μs가 된다. 이 시뮬레이션에서 모든 시간은 셀을 기본단위로 하여 계산하였다.

패킷이 스위치로 입력되면 입력 포트는 자신이 유지하고 있는 플로우 테이블에 입력된 패킷에 대한 정보가 있는가를 확인한다. 있다면 이 패킷은 ATM 계층에서 지정된 헤더 정보를 붙인 셀로 변환되어 ATM스위치에 의해 경로가 설정된다. 그러나 플로우 정보가 없는 패킷에 대해서는 디폴트 채널의 헤더 정보를 붙이고 라우터로 전송된다. 라우터로 전송된 패킷의 처리 과정은 그림 5와 같다.

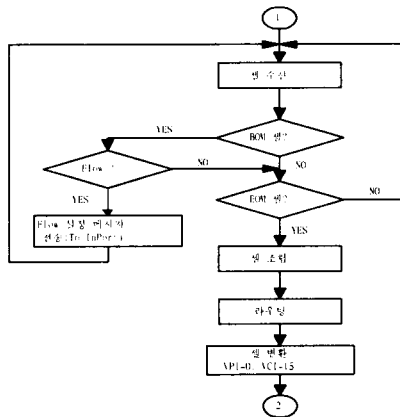


그림 5. 라우터에서 패킷 처리과정  
Fig. 5. Packet processing procedure in Router

라우터는 셀을 수신한 후 수신된 셀이 BOM(Begin Of Message) 셀인지를 확인한다. 일반적으로 패킷을 전송하기 위한 헤더 정보는 48바이트를 넘지 않는다. 따라서 BOM 셀이라면 셀에서 헤더 정보를 추출하여 플로우인지 검사하고 플로우라면 상위 링크로 플로우 설정 메시지를 보낸다.

라우터는 모든 패킷의 정보를 확인한 후 라우팅을 시작하므로 EOM 셀이 수신될 때까지 기다린 후 셀을 조합하여 패킷으로 만든다. 이렇게 구성된 패킷은 일반적인 라우터 기능에 의해 라우팅을 하고 결과 헤더에 저장한다. 라우팅이 끝난 패킷은 디폴트 채널을 통하여 보내진다. 라우터도 입력포트와 동일하게 그림 5와 같은 플로우 테이블 처리과정을 매 셀 시간마다 실행한다.

### 3.2 입력 트래픽 모델

각 네트워크로부터 유입되는 LAN 트래픽은 측정된 데이터를 바탕으로 하였다.[5][6] 실측한 데이터의 CDF(Cumulative distribution function)를 이용하면 0에

서 1사이의 확률 값에 측정된 데이터가 대응된다. 또한 발생 비율은 실측한 데이터의 분포에 맞게 분포를 가진다.

표 1. 입력 LAN 트래픽의 분포  
Table 1. Distribution of input LAN traffic

패킷길이 (바이트)	발생확률 (pdf)	발생분포 (cdf)	셀 수 (AAL type 5)
64	0.304	0.304	2
144	0.083	0.387	4
220	0.08	0.467	6
576	0.1	0.567	14
1072	0.25	0.817	25
1500	0.183	1.000	35

표 1로부터 각 패킷에 대한 셀의 수는 AAL형태에 따라 다르게 나타난다. 여기서는 AAL5 형태를 기준으로 하여 패킷의 평균 셀 수는 15.47개를 가진다.

LAN 패킷은 랜덤한 포아송 분포를 따른다고 가정한다. 패킷의 도착이 포아송 분포이면 패킷 사이의 간격은 지수분포가 된다.

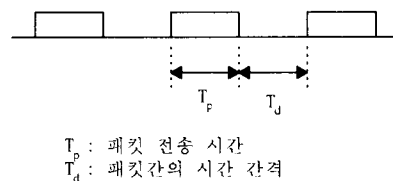


그림 6. 라인 효율  
Fig 6. Line Utilization

라인 전송 효율(u)은 전체 전송시간 중 실제 데이터가 전송되는 시간의 비율로서 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$u = \frac{T_p}{T_p + T_d} \quad (1)$$

식 (1)에서와 같이 라인 효율은 패킷 사이의 간격에 영향을 받는다. 패킷 사이의 간격은 패킷의 도착 시간 간격으로 표현할 수 있으며 각 도착시간의 평균은 1/λ과 같은 값이 된다. 도착률이 λ인 포아송 분포에서 시간 t까지 k개의 패킷이 도착할 확률은 식(2)와 같고

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (k = 0, 1, 2) \quad (2)$$

도착이 포아송 분포일 때 도착 시간 분포는 평균 도착 시간이  $1/\lambda$ 인 지수분포를 따른다.

$$P(X_k \leq t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (k=0, 1, 2) \quad (3)$$

### 3.3 시뮬레이션 결과

본 논문의 시뮬레이션에서는 플로우 테이블 크기와 플로우 유지시간을 변화시키면서 측정하였다. 플로우 테이블 크기는 ATM 스위치에서 제공하는 채널 수와 동일하다. 라우터에서 플로우를 결정하여 스위치를 통한 패킷 전송이 이루어질 때 설정할 수 있는 최대 채널 수를 의미한다.

플로우 리스트의 삭제 시간을 결정하는 것은 해당 플로우의 패킷 발생률에 민감하게 반응한다. 해당 플로우의 다음 전송이 전에 플로우 리스트가 삭제된다면 다음의 패킷은 라우터를 통하여 경로설정이 이루어져야 한다. 또한 플로우 리스트 유지 시간이 평균 패킷 발생률 보다 크다면 사용하지 않는 채널이 스위치에 존재하게 되므로 회선 효율이 떨어진다.

그림 7은 기존의 라우터에 동일한 트래픽을 인가하였을 때 RT(Routing Time)에 따른 라우터의 평균 버퍼량을 보여주고 있다.

그림 7에서 RT가 증가할수록 민감하게 반응하여 급격히 버퍼의 크기가 증가하는 것을 볼 수 있다. 셀 지연을 고려하여 평균 버퍼량을 1000 셀로 할 경우 라우팅 시간이 10, 20, 30 일 때 각각 92%, 72%, 49.5%의 회선 사용률을 가진다.

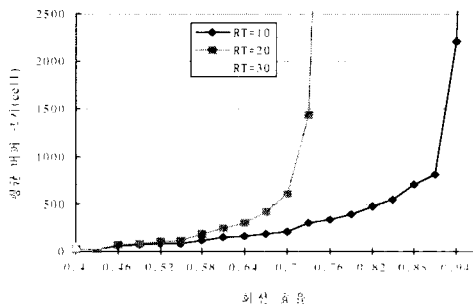


그림 7. RT에 따른 기존 라우터 버퍼 크기  
Fig. 7. Router buffer size for various routing time

플로우 테이블 크기(FS : Flow table Size)가 클수록 전송할 수 스위치를 통하여 전송되는 데이터의 양이 증가하게 된다. 그러나 ATM 스위치에서 설정될 수 있는 채널의 수는 네트워크를 따라 이동하는 패킷의 수 보다 훨씬 적다. 따라서 적은 채널의 수를 효율적으로 사용하기 위해서는 채널을 설정할 패킷을 미리 규정할 필요가 있다. 그림 8은 RT=30에서 모든 패킷에 플로우가 설정될 경우 결과를 나타내고 있다.

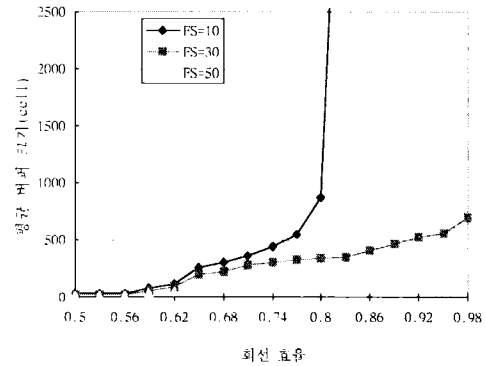


그림 8. FS에 따른 버퍼의 변화  
Fig. 8. Router buffer size for various FS

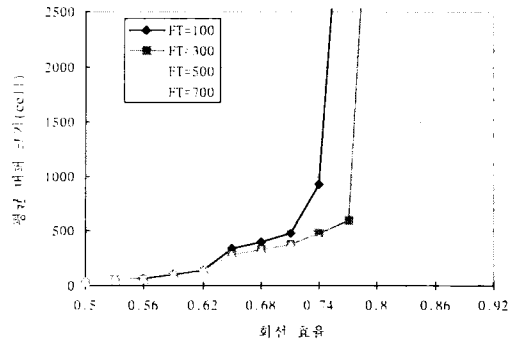


그림 9. FT에 따른 버퍼 크기의 변화  
Fig. 9. Router buffer size for various FT

그림 9는 RT=30에서 시뮬레이션을 한 결과로, 라우터의 버퍼 크기를 1,000 셀로 제한했을 때 FT=100, 300, 500, 700 셀-시간에서 각각 약 75%, 78%, 81%, 86%의 회선 효율로 전송이 가능하다. 또한 입력 회선 효율이 특정 값으로 주어졌을 경우 플로우 리스트 유지 시간이 길수록 라우터에서 버퍼크기가 감소함을 알 수 있다. 또한 플로우 채널을 오래 유지함으로써

써 채널 설정에 따른 시간 낭비를 줄일 수 있다. 그러나 사용이 빈번하지 않은 플로우에 대해 오랜 시간 채널을 유지한다면 채널 사용 효율면에서 낭비를 가져올 수 있다.

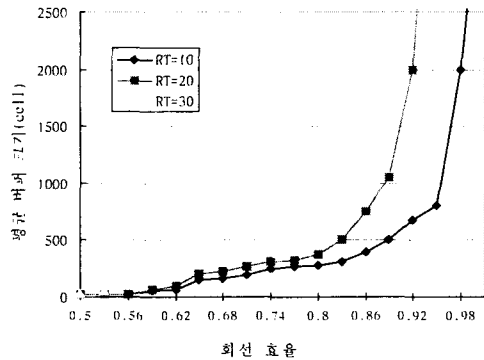


그림 10. 고속 ATM 라우터의 버퍼 크기  
Fig. 10. Router buffer size of high-speed ATM router

그림 10의 ATM 라우터를 이용한 시뮬레이션 결과는 기존 라우터보다 동일 상황에서 효율이 향상되어 RT=10, 20, 30 셀-시간에 따라 각각 96%, 88.5%, 69%의 회선효율을 나타내고 있다.

### 3.4 고찰

기존의 라우터는 스토어-앤-포워딩의 동작을 수행하는 큐로 고려할 수 있다. 따라서 평균 라우팅 시간이 지나면 도착한 패킷은 배출된다. 라우터의 검색은 소프트웨어에 의존하므로 고속화에 한계가 있고, 또한 고속화에 많은 비용을 요구한다. 본 논문에서 서술한 방법들은 필요에 따라 ATM 스위치를 활용하므로 고속화가 가능하고 또한 라우터의 기능을 그대로 살릴 수 있는 장점을 가지고 있다.

네트워크에서 데이터는 특성에 따라 플로우(긴시간 전송 패킷)로 결정된다. 플로우는 스위치를 통해서 전송되므로 라우터의 부하를 줄일 수 있다. 플로우로 설정된 패킷이 증가할수록 스위치를 이용한 데이터 전송도 증가한다. 그러나 플로우는 ATM 스위치의 채널을 점유하게 되므로 연속적인 데이터 전송이 없는 패킷을 플로우로 설정할 경우 대역폭의 낭비를 가져올 수 있다.

플로우로 설정된 패킷은 해당 패킷이 전송된 후에도 그 정보가 일정 시간 플로우 테이블에 유지된다. 이러한 리스트는 일정 시간이 지난 후 테이블에서 삭제되는데 리

스트의 유지 시간은 채널의 활용과 밀접한 관계를 가진다. 유지 시간이 길 경우 해당 시간동안 채널의 설정과정이 없이 해당 플로우 채널을 통한 전송이 가능하다. 그러나 데이터 전송이 없을 경우에도 채널이 할당되어 있으므로 스위치 대역을 낭비하게 된다. 반대로 리스트의 유지 시간이 짧은 경우 채널의 활용은 증가할 수 있지만 빈번한 플로우 설정과정으로 인한 전송 지연이 발생할 수 있다.

## IV. 결론

본 논문에서는 기존 라우터와 ATM 스위치를 사용한 고속 ATM 라우터의 성능을 분석하기 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에서 라우터의 버퍼는 트래픽에 따른 버퍼지연을 측정하기 위하여 무한 버퍼를 사용하였다.

시뮬레이션의 결과로부터 기존의 스토어-앤-포워딩 구조의 라우터는 버퍼를 1,000 셀로 제한했을 때 사용할 수 있는 회선 효율은 RT=10, 20, 30 셀-시간에 따라 각각 약 92%, 72%, 49.5%를 나타내었다. 그러나 ATM 스위치를 결합한 고속 ATM 라우터에 대한 시뮬레이션 결과는 동일한 상황에서 RT=10, RT=20, RT=30 셀-시간일 때 각각 96%, 88.5%, 69%를 나타내었다. 기존의 라우팅 방법이 회선 효율에 따라 지연 및 버퍼가 급격하게 증가하는 반면 ATM 스위치를 결합한 고속 ATM 라우터의 경우에는 지연 및 버퍼가 완만하게 증가하는 것을 볼 수 있었다.

ATM 스위치를 결합한 고속 ATM 라우팅 기술은 많은 장점을 가지고 있다. 이러한 방법은 기존 라우터를 고속화하는 것보다 적은 비용으로 구현 가능하고, 짧은 지연 시간을 유지하며 대용량의 패킷 처리가 가능하다. 네트워크 사용자의 증가와 다양한 서비스의 등장은 고속 트래픽 처리를 요구한다. 이러한 트래픽 처리를 위하여 ATM 스위치를 결합한 고속 ATM 라우팅 기술에 대해 앞으로 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

**참고문헌**

- [1] Peter Newman, Greg Minshall, Tom Lyon, and Larry Huston, IP Switching and Gigabit Routers, IEEE Communications Magazine, pp. 64-69, Jan. 1997.
- [2] M. Laubach, Classical IP and ARP over ATM, IETF RFC 1577, Jan. 1994.
- [3] P. Newman, W. L. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon, and G. Minshall, Ipsilon General Switch Management Protocol Specification, IETF RFC 1987, Aug. 1996.
- [4] K. Nagami, Y. Katsube, Y. Shobatake, A. Mogi, S. Matsuzawa, T. Jinmei, and H. Esaki, Toshibas Flow Attribute Notification Protocol(FANP) Specification, IETF RFC 2129, Apr. 1997.
- [5] Peter Newman, Tom Lyon, and Greg Minshall, Flow Labelled IP : A Connectionless Approach to ATM, IEEE Infocom, pp. 1251-1260, Mar. 1996.
- [6] Peter Newman, Tom Lyon, and Greg Minshall, Flow Labelled IP : Connectionless ATM Under IP, <http://www.csl.sony.co.jp>.
- [7] P. Newman, W. L. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon, and G. Minshall, Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4, IETF RFC 1953, May 1996.
- [8] Hiroshi Esaki, and Masataka Ohta, High Speed Datagram Delivery over Internet Using ATM Technology, IEICE Trans. On Communications, pp. 1208-1217, Aug. 1995.
- [9] P. Newman, W. L. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon, and G. Minshall, Transmission of Flow Labelled IPv4 on ATM Data Links, IETF RFC 1954, May 1996.
- [10] Tony Mason, ATM LAN Emulation, IEEE Communication Magazine, pp. 96-100, Jun. 1996.
- [11] The ATM forum, LAN Emulation over ATM Version 1.0, Jan. 1995.
- [12] Nail Kavak, Data Communication in ATM Networks, IEEE Network Magazine, pp. 28-37, May 1995.
- [13] Yiwei Thomas Hou, Overview of Implementing ATM-Based Enterprise Local Area Network for Desktop Multimedia Computing, IEEE Communications Magazine, pp. 70-76, Apr. 1996.
- [14] Juha Heinanen, Multiprotocol Encapsulation over ATM adaptation Layer , IETF RFC1483, July 1993.
- [15] T. Bradley, and C. Brown, Inverse address resolution protocol, IETF RFC 1293, Jan. 1993.
- [16] R. Atkinson, Default IP MTU for use over ATM AAL5, IETF RFC 1626, May 1994.

**저자소개**



**조 성 국**  
 1986 청주대학교 전자공학과 학사  
 1989 청주대학교 대학원 전자계산학과 석사  
 1999 청주대학교 대학원 전자공학과 박사  
 1993-현재 원주대학 전산정보처리과 부교수