

---

# ATM망에서의 IP 스위칭 기술의 과제

홍석원\*, 이근구\*\*, 김장경\*\*

## IP Switching Issues in the ATM Networks

Sug-won Hong\*, Keun-Ku Lee\*\*, Jang-Kyung Kim\*\*

### 요 약

현재의 인터넷은 대역폭의 확대, 망 규모의 확장, 그리고 새로운 서비스의 제공이라는 과제를 안고 있다. 본 논문에서는 이러한 현재의 인터넷 백본망의 과제를 해결하기 위하여 ATM 스위칭을 기반으로 IP 패킷을 전달하는 ATM 망에서의 IP 스위칭 기술을 적용할 경우 고려해야 할 기술적인 과제와 그 해결 방향을 제시하고 있다. 기술적인 과제로 확장성(scalability), ATM VC 설정과 패킷 흐름과의 매핑, 트래픽 관리와 트래픽 엔지니어링의 과제, 멀티캐스트, 그리고 ATM 스위치에서 멀티서비스의 수용의 필요성에 대해서 언급하였다.

### Abstract

In order to accommodate current accelerated growth in customers and traffic, Internet has faced the demand to scale its network dimension both in size and bandwidth, and new service provisioning. One way to solve this problem is to forward IP packets based on ATM switching technology. This paper briefly explained technical tasks to apply this IP switching technique in ATM networks for building Internet backbone, and presented the directions to approach these tasks. Those tasks are scalability, ATM VC setup and mapping between VC and IP packet flow, traffic management and traffic engineering, multicast, and finally ATM switch architecture to provide multiservice.

---

\* 명지대학교 전자정보통신공학부 교수

\*\* 한국전자통신연구원 표준연구센터

접수일자 : 1998년 11월 5일

## 1. 서 론

인터넷 사용자의 증가와 서비스의 다양화, 이에 따른 고속 인터넷 액세스 기술의 도입은 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 초래하고 있다. 이러한 인터넷 트래픽의 증가를 수용하기 위해서 현재 인터넷 백본망의 확장은 불가피하며 앞으로도 이러한 추세는 계속될 전망이다. 이러한 점에서 차세대 인터넷 백본망을 구축하는데 있어서 가장 중요한 과제는 대역폭의 확대, 망의 확장성(scalability)을 갖으면서 다양한 서비스를 제공할 수 있는 능력을 갖도록 하는 것이라 할 수 있다. 이러한 차세대 인터넷 백본망을 구축하기 위한 시도는 현재 두 가지 방향으로 진행되고 있다. 첫째는 고속의 패킷 처리 능력을 갖는 라우터(gigabit router)를 통한 해결이다. 두 번째 방법은 링크 계층의 스위칭 기술을 사용하는 것이다. 현재 공중망 사업자를 중심으로 B-ISDN을 위한 교환 전송 기술로서 추진되고 있는 ATM은 인터넷 백본망에서 사용할 수 있는 스위칭 기술의 대표적인 대안이 될 수 있다. 실제로 ATM 스위치를 사용하여 IP 패킷을 전달하기 위한 기술적인 논의는 이전부터 IETF와 ATM 포럼을 중심으로 광범위하게 논의되어 오고 있다[1,2,3,4].

두 방법은 각자 장단점을 갖고 있다. 고성능 라우터 중심의 해결책은 패킷 전달을 위한 현재의 IP 라우팅 플랫폼을 향상하는 방법으로 기존의 IP 프로토콜 이외에 새로운 프로토콜의 도입이나 기존의 인터넷 망 구조의 변화를 필요로 하지 않는다는 장점이 있다. 이에 반해 패킷의 전달을 위한 하드웨어 플랫폼으로서 ATM 스위칭 플랫폼을 사용하는 두번째 방법은 IP의 패킷 전달과 ATM의 셀 전달 간에 연동을 위하여 사용자 평면(user plane)과 제어 평면(control plane)에서의 새로운 프로토콜의 보완이 요구된다. 이러한 점에서 볼 때 고성능 라우터에 의한 접근 방법은 순수 IP 중심의 최소한의 진행(pure IP-only minimal migration)이라고 할 수 있는데 비해서 스위치를 통한 접근 방법은 B-ISDN 서비스를 포괄한 최대한의 이행(comprehensive B-ISDN-oriented maximal migration)이라고 할 수 있다. 양자간의 우열은 기술적인 문제 보다도 관점의 차이에서 결정될 것이다.

본 논문에서는 IP를 포함한 다른 서비스도 통합된 방식 즉 통합된 망에 의해서 서비스되는 것이 바람직하다는 관점에서 ATM 망에서 IP 패킷을 전달하는 방법을 중심으로 확장성 있는 인터넷 백본망을 구축하기 위해서 필요한 과제를 논의하고 바람직한 방향을 제시해 보고자 한다.

논문의 구성은 2절에서 확장성(scalability), 3절에서는 VC 설정과 IP 패킷 흐름(flow) 매핑의 문제, 4절에서는 트래픽 관리와 트래픽 엔지니어링의 문제를 설명하고, 5절에서는 멀티캐스트의 과제, 6절에서는 멀티서비스를 위한 ATM 스위치의 과제에 대해서 설명하였다.

## II. 확장성(Scalability)

확장성은 라우터 피어링(router peering)의 문제와 스위치에서의 VC 관리의 문제, 두 가지 측면에서 고려되어야 한다.

현재 ISP(Internet Service Provider)의 백본망에서 당면하고 있는 가장 주요한 과제는 라우트 플랩(route flap)의 문제이다[5,6]. 이것은 라우터에서의 라우팅 테이블의 값이 계속 변화하면서 생기는 문제이다. 현재의 라우팅 테이블에는 약 46,500개 정도의 prefix를 갖을 수 있는데 이 정보가 바뀔 때마다 라우터는 이웃하고 있는 라우터들(peer)에게 이 변화된 정보를 브로드캐스팅을 통해서 알려주어야 한다[6]. 그런데 현재의 ISP 망에서는 라우팅 테이블의 변화가 빈번하게 발생하는데 이러한 현상을 소위 라우트 플랩(route flap)이라고 부른다.

IP 라우터들이 ATM 스위치에 연결될 경우 라우팅의 관점에서 다음의 두 가지 논리적 모델이 존재한다. 첫째는 계층 라우팅(layered routing)을 사용하는 것으로, 3계층에서는 IP 라우팅을 사용하여 경로를 결정하고, 2계층에서는 ATM 라우팅 방식을 사용하여 경로를 결정하는 것이다. 이와 같이 별도의 라우팅 방식에 의해서 경로를 결정할 경우 IP와 ATM 사이에 주소 변환이 필요하게 된다. 또한 라우터 피어링의 관점에서 볼 때 비록 물리적 링크로는 라우터와 스위치가 연결되어 있지만 그림 1(b)와 같이 라우터 피어(peer) 간에는 VC에 의한 논리적 링크가 설정되어 있다. 이 때 라우터 간에 별도

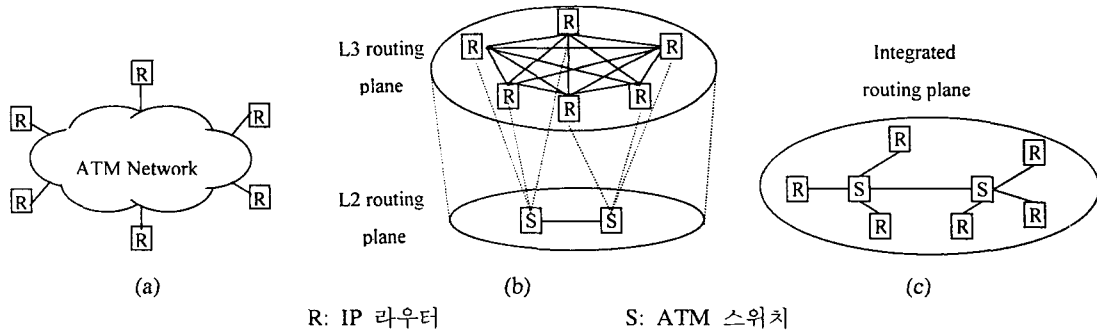


그림 1. IP 라우터와 ATM 스위치의 연동망 구조  
 Fig. 1 Interworking architecture between IP routers and ATM switches

의 라우트 홉(route hop)을 줄이기 위해서는 모든 라우터 간에 VC 연결이 존재해야 한다. 이와 달리 중간에 다른 라우터를 경유할 경우 라우터 간에 별도의 VC가 필요하게 되며 따라서 중간 라우터는 병목(bottleneck) 현상을 초래할 수 있다. 라우터간에 완전 연결(full mesh) VC 설정을 피하기 위해서 라우터 서버를 중간에 두는 방법이 있다[2,3]. 하지만 서버에 의한 해결 역시 글로벌 인터넷의 관점에서 볼 때 서버의 수가 증가함에 따라 서버의 관리 문제 특히 서버 동기화(server synchronization)의 문제는 새로운 확장성의 문제를 제기하게 된다.

IP와 ATM의 라우팅 문제에 있어서 또 다른 방법은 IP 라우터와 ATM 스위치 사이에 동일한 라우팅(Integrated routing) 방식을 사용하는 것이다. 동일한 라우팅을 사용하면 전자의 계층 라우팅 방법과는 달리 동일한 주소를 갖고 라우터와 스위치 사이에서 경로 결정이 이루어지므로 주소 변환의 문제가 필요가 없으며 따라서 주소 변환 서버도 필요하지않다. 또한 라우터 피어링의 문제에 있어서도 그림 1(c)와 같이 라우터와 스위치 사이에 물리적 연결이 있는 경우에만 동료(peer)로서 취급하면 되기 때문에 계층 라우팅의 경우에서 비롯되는 라우트 플랩의 문제를 완화할 수 있다.

결국 라우터와 스위치간에 동일한 라우팅 프로토

콜에 의해서 서로 동료(peer)로서 동작해야만 인터넷의 확장성 문제를 해결할 수 있을 것이다.

### III. IP 패킷 흐름과 ATM VC의 매핑

IP와 ATM의 연동에 있어서 주요한 과제 중의 하나는 비연결형 서비스를 기본으로 하고 있는 IP 패킷을 ATM 망을 통해 전달할 때 IP 패킷 흐름<sup>1)</sup>의 경로(path)와 ATM VC 간의 매핑(mapping)을 "언제" 그리고 "어떻게" 수행하는가라는 문제와 각 VC에 어떠한 패킷 흐름(packet flow)을 매핑하는가라는 문제이다.

먼저 "언제" 설정하는가의 문제는 다음의 두 가지로 구분할 수 있다.

- 패킷 흐름이 도착하기 전
- 패킷 흐름이 도착할 때

그리고 "어떻게"의 문제는 다음과 같은 방법이 가능하다.

- ATM 신호 방식에 의해서
- 라우팅 정보에 실어서(piggyback)
- RSVP와 같은 IP 제어 프로토콜을 통해서
- 기타 단순한 신호 방식을 통해서

그리고 어떠한 패킷 흐름을 VC에 할당하는가의 과제는 하나의 특정 응용 서비스의 패킷 흐름을 하나

1) 흐름(flow)은 망의 노드에서 동일하게 처리되는 IP 패킷의 그룹을 의미한다. 예를 들면 동일한 IP prefix를 목적지 주소로 갖는 패킷들은 하나의 흐름으로 처리될 수 있다.

의 VC에 할당하는 최소한의 매핑(minimal mapping)에서부터 특정 ISP 망으로 전달되는 모든 패킷 흐름을 하나의 VC에 할당하는 최대한의 매핑(maximal mapping)에 이르기까지 여러 형태의 중간 매핑이 존재할 수 있다. 이러한 여러 방식 중에서 어떤 방법이 최선인가는 간단하게 대답할 수 없다. 여기서는 이러한 여러 대안 중에서 최적의 방안을 선택하기 위한 기준을 제시하고자 한다.

먼저 ATM 스위치에서 VC관리의 확장성(scalability) 문제를 해결할 수 있는 방법이어야 한다. 인터넷에서는 서비스의 특성상 단시간에 수많은 일회성 패킷 흐름이 발생할 수 있으며 사용자가 계속 증가할수록 이러한 패킷 흐름의 수는 더욱 증대될 것이다. 따라서 이러한 패킷 흐름을 ATM 스위치에서 처리할 수 있도록 하기 위해서는 패킷 흐름을 통합(aggregation)하여 VC에 매핑할 수 있는 방법이 반드시 필요하다.

또 다른 기준으로는 IP 서비스 중에서 지속적 서비스(long-lived service)와 일시적 메시지 서비스(short-lived service)를 함께 효율적으로 처리할 수 있는 VC 관리 기능이 필요하다. 따라서 일시적 서비스에서 발생하는 패킷 흐름을 위해서 매번 VC를 설정하는데 소모되는 자원의 낭비를 피할 수 있어야만 할 것이다.

#### IV. 연결형 방식과 고정 상태(hard state)

##### 1. 트래픽 관리와 QoS 제공

QoS 제공의 과제는 트래픽 관리(traffic management)의 문제와 직결된다. 전통적으로 인터넷에서는 TCP상에서 slow start와 congestion avoidance 방식에 기반을 둔 대응적(reactive) 트래픽 관리 방식을, ATM은 CAC와 UPC에 기반을 둔 예방적(proactive) 트래픽 관리 방식을 사용하고 있다. 앞으로 인터넷 백본망에서 베스트 에포트(best effort) 서비스 이상의 보장성(guaranteed) 서비스의 지연 요구 사항이나 손실 요구 사항을 충족하기 위해서는 사전에 대역을 제어할 수 있는 기능을 갖어야 할 것이다. 무한대의 대역은 현실적으로 가능하지 않으며 결국 패킷 기술을 통해서 QoS를 제공하기 위해서는 policy 기반의 예방적 트래픽 관리가 필요하다. 그리고 사전에 대역을 제어할 수 있도록 하기 위해서는 필히 연결

형 방식에 기반을 둔 경로(path) 설정이 요구되며, 망 노드는 경로 정보를 고정 상태(hard state)로서 유지할 수 있어야만 할 것이다.

서비스 차별화에 의한 패킷의 전달은 전형적인 ATM의 셀 분류와 스케줄링(scheduling)을 통해 수행된다. 이를 위해서는 다음의 두 가지 매핑이 필요하다.

- IP와 ATM 간의 서비스 유형의 매핑
- IP와 ATM 간의 트래픽 파라미터의 매핑

서비스 유형의 매핑은 패킷 처리 우선 순위(emission priority)와 폐기 우선 순위(discard priority)에 따라 양자 간에 매핑이 이루어지게 될 것이다. 현재 IETF에서는 ISP 망에서 차별화된 서비스를 제공하기 위한 Diff-Serv 모델을 정의하고 있다[7]. Diff-Serv 모델에서는 ISP 망의 경계 라우터에서 트래픽 조건(traffic conditioning)에 따라 패킷 흐름에 대한 코드포인트(codepoint)가 할당되고 이에 따라 라우터는 패킷을 전달하게 된다. 이러한 Diff-Serv 모델을 적용할 경우 IP와 ATM의 경계 노드에서는 코드포인트의 정의에 따른 서비스 매핑이 이루어져야 할 것이며 이와 함께 연결 수락(admission control), 트래픽 다듬기(shaping), 트래픽 감시(policing) 기능이 수행되어야 한다. 또한 IP 서비스와 ATM 서비스간의 트래픽 파라미터 매핑은 ATM 스위치에서의 확장성 문제를 고려해서 결정되어야 하며 결국 VC할당에서 패킷 흐름의 통합(aggregation) 능력이 고려되어야 할 것이다.

##### 2. 트래픽 엔지니어링과 소스(source) 라우팅

전통적인 인터넷에서의 라우팅은 목적지 기반의 라우팅(destination routing)에 기초하고 있으며 라우터는 소프트 상태(soft state)로서 경로 정보를 유지하고 있다. 이러한 인터넷 라우팅 모델은 하나의 경로 상의 링크에 이상이 발생할 경우에 대체 경로를 찾아 패킷이 전달된다는 장점을 갖고 있으나 특정 경로로 트래픽이 집중되는 것을 피하기 어려운 단점을 갖고 있다.

글로벌 인터넷의 관점에서 앞으로 예상되는 트래픽의 폭주를 수용할 수 있도록 하기 위해서는 특정 트래픽에 대해서는 망 관리자가 경로를 선택할 수 있도록 하여 망 경로에 따라 트래픽 부하(load)를

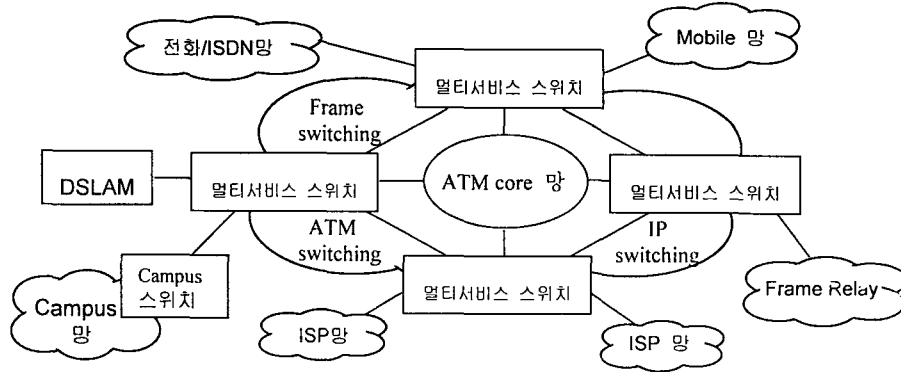


그림 2. 멀티서비스 네트워크 구조[11]  
Fig 2. Mutiservice network architecture[11]

분산(balancing)할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 ATM망에서 IP 스위칭 노드는 소스 라우팅 기능이 필요하다. 또한 이러한 소스 라우팅에 의한 경로 설정은 전통적인 IP의 목적지 기반의 라우팅에 의한 경로 설정과는 독립적으로 수행되어야 할 것이다.

### V. 멀티캐스트

3,4절의 설명은 유니캐스트(unicast)를 전제로 한 것 이지만 멀티캐스트의 경우에도 앞 절에서 언급한 과제와 바람직한 해결 방향은 동일하게 적용되어야 한다. 한가지 차이점은 멀티캐스트의 경우에는 기반이 되는 멀티캐스트 라우팅 방식에 따라 유니캐스트의 경우와 동일하게 적용하는데 문제가 생기는 경우가 있다. 예를 들면, PIM-DM이나 DVMRP의 경우와 같이 데이터 패킷에 의해서 멀티캐스트 트리를 구성하는 경우에는 패킷 흐름이 발생했을 때 점대다중점(point-to-multipoint) VC를 구성할 수 있게 된다[9]. 하지만 이러한 점은 유니캐스트 방식의 보완으로 해결해야 할 것이다.

### VI. 멀티서비스를 위한 ATM 스위치

미래의 글로벌 망은 통합된 기술에 기반을 둔 통합망(Integrated network)으로 발전해 나갈 것이다.

대표적인 예가 기존의 음성 서비스도 패킷 기반의 망을 통해 서비스되는 방향으로 진화될 것이라는 예상이다. 이때 통합(integration)의 의미는 순수 IP 그룹과 전통적인 공중망 사업자와는 서로 해석이 다를 수가 있겠지만 기본적인 통합망으로의 진화라는 점은 망의 진화의 흐름을 반영하고 있는 것이다.

통합망으로 발전할 경우 글로벌 인터넷 백본망의 ATM 스위치는 하이브리드(hybrid) 스위치 구조를 가져야 할 것이다. 여기서 하이브리드의 의미는 스위치의 제어 평면(control plane)은 IP 라우팅과 주소 방식, 신호 방식과 함께 ATM의 라우팅과 주소 방식, 신호 방식을 같이 갖고 있는 것을 의미한다. 그 이유는 많은 트래픽과 다양한 서비스를 제공하기 위한 글로벌 망의 구조는 그림2와 같이 다계층(multilayer) 구조를 갖는 것이 바람직하기 때문이다 [11]. 이 그림에서와 같이 망의 핵심에는 고성능 순수 ATM 교환기가 위치하고 다음 계층으로는 여러 망의 멀티서비스를 제공할 수 있는 ATM 교환기가 위치하게 된다. 이 계층의 교환기는 ISP(Internet Service Provider)내에서 혹은 ISP간의 IP 패킷을 처리하는 동시에 다른 여러 서비스를 같이 제공해주어야만 할 것이다. 이러한 하이브리드 스위치는 제어 평면의 기능이 복잡해지는 문제가 있을 수 있으나 멀티서비스의 제공이라는 더 큰 목표를 위해서 당연히 지불해야 할 대가라고 할 수 있다.

### Ⅶ. 결 론

본 논문에서는 ATM 스위칭에 기반을 두고 IP 패킷을 전달하는 IP 스위칭 기술을 사용하여 현재의 인터넷 백본망의 문제를 해결하기 위한 과제에 대해서 논의하였다. 그리고 이러한 과제를 해결하기 위해 ATM망에서 IP 스위칭 기술이 추구해야 할 방향에 대해서 제시하여 보았다. 실제 인터넷 백본망이 어떤 방식으로 구축될지는 기술적인 요인 외에 시장 요인 그리고 여러 외적인 요인의 영향을 받겠지만 이 논문이 제시하는 기본 방향은 기술적인 검토 과정에서 반드시 반영될 필요가 있을 것이다.

### 참고문헌

[1] M. Laubach and J. Halpen, "Classical IP and ARP over ATM", RFC 2225, April 1998

[2] J. Luciani, et. al., "NBMA Next Hop Resolution Protocol(NHRP)", RFC 2332, April 1998

[3] ATM Forum, "Multi-Protocol Over ATM Version 1.0", AF-MPOA-0087.000, July 1997

[4] E.C. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", Internet draft <draft-ietf-mpls-arch-01.txt>, March 1998

[5] R. Gareiss, "Is the Internet in trouble?", Data Communications, 26(12), September 1997,

[6] L. Yanoff, "Building The Next Generation Internet", Alcatel Telecom. Review, 4th Quarter 1997

[7] Y. Bernet. et. al., "A Framework for Differentiated Services", Internet draft <draft-ietf-diffserv-framework-00.txt>, May 1998

[8] B. Davie, et. al., "Use of Label Switching With ATM", Internet Draft <draft-ietf-mpls-atm-00.txt>, 1998

[9] A. Viswanathan, et. al., "Evolution of Multiprotocol Label Switching", IEEE Comm. Magazine, May 1998

[10] M. Wolf, et. al., "Multiprotocol label switching in ATM Networks", Ericsson Review, No.1, 1998

[11] L. Yanoff, "Multiservice Networking", Alcatel Telecom. Review, 1st Quarter, 1998



홍 석 원(Sug-won Hong)

1979년 서울대학교 물리학과 (학사)

1988년 North Carolina State Univ., Computer Science(석사)

1992년 North Carolina State Univ., Computer Science(박사)

1992년 2월~1994년 2월 전자통신연구원 광대역통신망 연구부

1995년 3월~현재 명지대학교 전자통신공학부 조교수

관심분야 : 망 구조 및 망 프로토콜 분석, 망 연동 기술



이 근 구(Kun-Ku Lee)  
1982년 연세대학교 전자공학과  
(학사)  
1985년 연세대학교 전자공학과  
(석사)  
1984년~현재 한국전자통신  
연구원 표준연구센터 선임연구원

1994년~1997년 미국 NIST과견 근무

관심분야 : IP/ATM 연동, 통신 프로토콜 상호 운용  
성, 통신 정책



김 장 경(Jang-Kyung Kim)  
1980년 연세대학교 전자공학과  
(학사)  
1989년 Iowa State Univ. Com-  
puter Engineering (M.S.)  
1992년 Iowa State Univ. Com-  
puter Engineering (Ph.D.)

1980년~1986년 국방과학연구소 연구원

1994년~1995년 미국 Univ. of Maryland 과견 국제  
공동연구 수행

1992년~현재 한국전자통신연구원 표준시험연구팀  
팀장/책임연구원

관심분야 : 고속통신망 프로토콜 표준, 맥내 통신망  
프로토콜, 고성능 시스템 구조, 컴퓨터  
통신 프로토콜 상호운용성 시험