

## 차세대 인터넷 라우팅 파라다임

명지대학교 홍석원\*

### 1. 서론

인터넷 사용자의 증가와 이에 따른 인터넷 트래픽 증가는 현재의 인터넷 서비스의 질을 현저히 떨어뜨리고 있으며 이것을 해결하기 위한 시도가 광범위하게 논의되고 있다. 인터넷에서의 트래픽의 증가는 단순히 사용자의 증가 뿐 아니라 인터넷을 통한 응용 서비스의 유형의 변화에서도 기인하고 있으며 이러한 추세는 점점 더 심화될 것이다. 사용자의 응용 서비스의 다양화는 인터넷에 접속하는 속도를 고속화하게 되었고 이에 따라 고속 모뎀, ISDN, 케이블 모뎀, xDSL 등의 여러 기술이 고속 액세스 기술의 해결책으로 등장하게 되었다. 이러한 인터넷 사용자의 증가와 서비스의 다양화, 그리고 고속 액세스 기술의 보급은 자연스럽게 이미 포화된 인터넷의 숨통을 더욱 조이고 있다.

이러한 배경에서 인터넷 망 사업자는 사용자의 증가에 따라 망을 확장해야 하는 과제가 시급히 요구되고 있다. 이 과제는 단순히 대역폭(bandwidth)을 확장하는 것 뿐 아니라 라우터의 수의 증가와 라우터가 관리하는 라우팅 테이블 수의 증가를 포함하는 망의 확장성(scalability)을 해결할 수 있는 방안을 요구한다. 이와 함께 트래픽 엔지니어링(traffic engineering)의 제공과 QoS의 제공은 차세대 인터넷의 구축에 있어서 주요한 과제라 할 수 있다. 이러한 관점에서 이 글에서는 이러한 과제를 해결하기 위해 현재 차세대 인터넷의 라우팅 파라다임으로 제안되고 있는 순수 라우터 기반

의 데이터그램(datagram) 모델과 스위칭 기반의 오버레이(overlay) 모델, 그리고 동등(peer) 모델에 대해서 설명하고 이 모델 간의 특징을 비교하여 보았다.

### 2. 라우팅 파라다임 : 라우팅과 스위칭

현재 트래픽의 증가에 따른 인터넷의 당면한 과제를 해결하기 위한 가장 기본적인 과제는 대역폭(bandwidth)의 확장, 즉 고속의 패킷 처리 능력을 갖는 것이다. 인터넷의 고속화를 위한 시도는 현재 두 가지 방향으로 진행되고 있다. 첫째는 고속의 패킷 처리 능력을 갖는 기가비트(gigabit) 라우터 혹은 테라비트(terabit) 라우터를 만들어서 해결하는 것이다. 두 번째 방법은 패킷 전달을 고속화하기 위해서 링크 계층의 스위칭 기술을 사용하는 것이다. 그림 1은 이러한 라우터 기반에서 패킷이 전달되는 과정과 링크 계층의 스위칭 기반에서 패킷의 전달이 이루어지는 과정을 보여주고 있다.

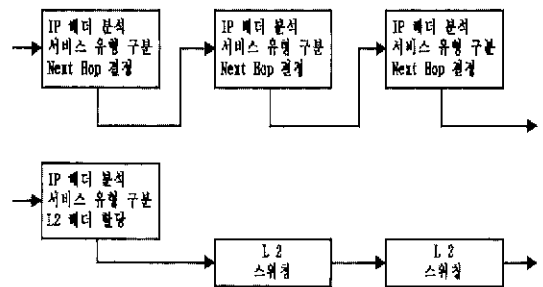


그림 1 라우터 기반과 L2 스위칭 기반에서의 패킷 전달 과정

\*중신회원

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 IETF와 ATM 포럼을 중심으로 광범위하게 논의되어 오고 있다[1, 2, 3, 4, 5]. 이러한 이유에서 이제부터 링크 계층의 스위칭 기술을 언급할 때는 ATM을 구체적인 예로서 지칭하도록 한다.

IP 라우터들이 ATM 스위치에 연결될 경우 라우팅의 관점에서 다음의 두 가지 논리적 모델이 존재한다. 첫째는 계층 라우팅(layered routing)을 사용하는 방식으로, 3계층에서는 IP 라우팅을 사용하여 경로를 결정하고, 2계층에서는 ATM 라우팅 방식을 사용하여 경로를 결정하는 것이다.

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 이루어지게 된다.

이러한 관점에서 이 절에서는 라우팅 파라다임을 순수 라우터 모델, 그리고 스위치 기반의 오버레이 모델과 동등 모델로 구분하여 세가지 모델의 특징을 간단히 살펴보도록 한다.

### 2.1 순수 라우터 모델

이것은 전통적인 라우터 기반의 데이터그램(datagram) 모델을 의미한다. 많은 라우터로 구성되며 각 라우터는 동일한 IP 라우팅 프로토콜이 동작한다. 라우터는 IP 패킷의 헤더를 해석하여 다음으로 전달되는 라우터를 결정한다. 이러한 데이터그램 모델은 다음과 같은 특징이자 단점을 갖는다.

첫째로 이 모델 기반의 인터넷에서는 오직 IP 서비스만 제공된다. 만약 앞으로의 모든 서비스가 IP 위에서 이루어진다면 모르겠지만 IP 이외의 서비스가 존재할 경우 이 모델을 통해서 멀티서비스(multiservice)가 이루어질 수 없다.

둘째로 모든 패킷은 동일하게 처리된다. 즉 모든 패킷은 베스트 에포트(Best Effort)라고 불리는 하나의 동일한 서비스로만 처리되고 있으며 QoS는 제공하고 있지 못하다.

셋째로 이제까지 고속의 패킷 서비스를 제공하고 있지 못하다. 이것은 라우터의 패킷 처리 능력의 한계에서 기인한다.

넷째로 트래픽 엔지니어링(traffic engineering) 기능을 제공하고 있지 못하다.

인터넷 표준화 기구인 IETF에서는 데이터그램 모델의 단점을 극복하기 위한 방안을 현재 논의하고 있다. 이러한 논의중에서 둘째로 지적한 QoS의 과제에 대해서는 4절에서 설명하도록 하며, 넷째 트래픽 엔지니어링의 과제에 대해서는 3절에서 언급하도록 한다.

세번째로 지적한 속도의 문제는 기가비트 라우터 혹은 테라비트 라우터의 개발을 통해서 해결을 시도하고 있다. 라우터에서의 단순한 패킷 전달의 고속화는 수 년 안에 가능해질 것으로 예측되고 있으며 따라서 현재 스위치에 비해 크게 떨어져 있는 가격 대비 성능의 비를 수년 안에 비슷한 수준으로 끌어올릴 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 고속의 라우터의 개발과 함께 최근 주목을 받고 있는 것이 IP over SONET 혹은 Packet over SONET (POS)의 제안이다[6].

### 2.2 오버레이(overlay) 모델

오버레이 모델에서는 라우팅의 관점에서 볼 때 링크 계층 프로토콜로서 ATM 프로토콜과 네트워크 프로토콜로서 IP 프로토콜은 독립적으로 동작된다. IP 패킷의 전달은 다음의 단계를 통해서 이루어진다. 먼저 IP 계층은 IP 라우팅 프로토콜에 의해서 목적지 IP 주소에 이르는 경로(path)를 결정한다. 그리고 실제적인 IP 패킷의 전달은 IP 서브넷이 기반을 두고 있는 ATM 스위칭을 통해서 이루어지므로 목적지 IP 주소에 해당하는 목적지의 ATM 주소를 찾는다. 이 과정을 주소 변환(address resolution) 과정이라고 부른다. 그리고 이 ATM 주소를 갖는 목적지 노드로 이르는 경로는 ATM 라우팅 프로토콜에 의해서 이루어지며 ATM 신호 방식에 의한 ATM 연결이 설정된다. 그

리고 이후의 패킷의 전달은 ATM 연결을 통해서 ATM 셀로 분해되어 이루어진다.

즉, 오버레이 모델에서 라우팅은 네트워크 계층과 링크 계층에서 독립적으로 별도로 수행하는 계층 라우팅(Layered routing)을 사용하며, 그리고 IP 패킷의 전달을 위해서 IP 주소를 링크 계층 주소로 변환하는 주소 변환을 수행한다. 그림 2는 이러한 오버레이 모델의 논리적 망 구조를 보여주고 있다.

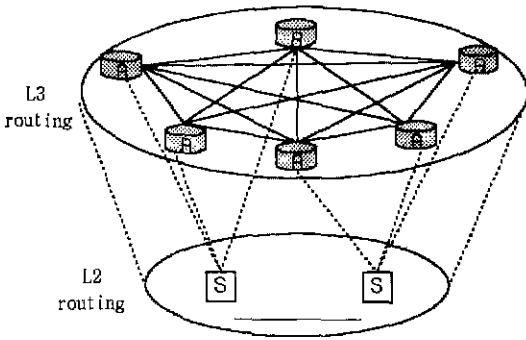


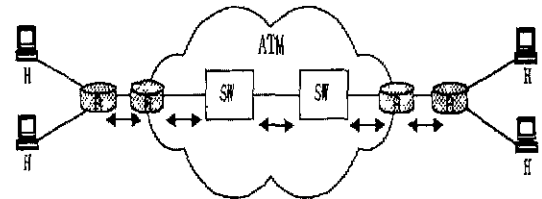
그림 2 오버레이 모델(Overlay Model)의 논리적 망 구조

현재 LAN에서 사용되고 있는 IP over Ethernet은 이러한 오버레이 모델의 예이며 ATM을 링크 계층 프로토콜로 사용할 경우 동일한 주소 변환 절차와 계층 라우팅을 통하여 패킷을 전달한다. 이러한 점에서 ATM 기반의 오버레이 모델은 IP over ATM이라고 부르고 있다. Ethernet과 ATM의 차이는 브로드캐스트(broadcast)가 가능한지의 여부이며 이 차이로 인하여 IP over Ethernet과 IP over ATM의 방식은 다른 구조를 갖는다.

### 2.3 동등(peer) 모델

동등 모델에서는 ATM망에 직접 연결된 IP 라우터를 ATM 망 내의 ATM 스위치와 동등한 위치에 놓고 사용한다. 동등한 관계의 의미는 여러 가지로 해석할 수 있겠지만 가장 중요한 의미는 동일한 라우팅 프로토콜을 사용하고 있다는 점이다. 즉 통합 라우팅 기반의 동등 모델에서는 IP와 ATM망의 노드에서 모두 하

나의 동일한 라우팅 프로토콜을 사용한다. 즉 IP 라우터와 ATM 스위치가 동일한 라우팅 프로토콜을 사용하는 것이다. 이러한 점에서 오버레이 모델은 계층 라우팅(layered routing)에 기반을 두고 있는데 반해서 동등 모델은 통합 라우팅(integrated routing)에 기반을 두고 있다고 말할 수 있다. 동등 모델에서는 동일한 라우팅 프로토콜에 의해 동일한 망 토폴로지 정보를 서로 교환한다. IP 패킷을 전송하기 위한 경로를 찾기 위해서 IP와 ATM 망의 링크와 노드의 특성을 포함한 동일한 토폴로지 정보를 사용하여 최적의 경로를 결정한다. 그림 3은 동등 모델의 망 구조를 보여 주고 있다.



통합 라우팅 프로토콜

그림 3 동등 모델(Peer Model)의 망 구조

IP 라우터와 ATM 스위치에서 어떤 라우팅 프로토콜을 사용하느냐에 따라서 현재 추진되고 있는 작업이 두 가지 방향으로 갈라진다. IP 라우팅 프로토콜을 통합된 라우팅 프로토콜로 사용하는 경우가 IETF의 Multiprotocol Label Switching(MPLS) 워킹 그룹에서 추진되는 MPLS방식이며[7], ATM의 PNNI 라우팅 프로토콜을 통합된 라우팅 방식으로 사용하는 것이 ATM 포럼의 Integrated PNNI(I-PNNI) 방식이다[8].

동등 모델의 제한된 형태로서 ATM 망의 경계에 위치한 라우터와 스위치 사이에서만 동등한 관계를 유지하는 방법이 존재한다. 즉 ATM 망 경계의 ATM 교환기와 IP 라우터는 대등한 관계에서 IP 주소를 ATM 주소 공간에 매핑함으로써 라우팅 정보를 주고 받을 수 있다. 이 경우 ATM망에 직접 연결된 라우터는 IP 라우팅 프로토콜뿐 아니라 ATM 라우팅 프로토콜도 같이 동작하게 된다.

이 모델은 오버레이 모델의 최적화 형태(optimization)로 볼 수 있다. 라우팅 과정이 IP와 ATM에서 별도로 이루어지는 문제를 해결하기 위해서 이 기능을 ATM 망에 직접 연결된 라우터 안에 집어 넣는 것이다. 결국 이 모델의 과정은 ATM 망에 접속된 IP 라우터와 ATM 교환기 사이에 라우팅 정보를 어떻게 주고 받으며 어떻게 주소와 상태 정보를 교환하느냐는 문제로 귀착되는데, 이 모델에 기반을 두고 있는 방식이 ATM 포럼의 PNNI Augmented Routing(PAR) 방식이다[9].

### 3. 트래픽 엔지니어링(Traffic Engineering)

현재의 인터넷에서의 라우팅은 홉간 라우팅(hop-by-hop routing)에 기초하고 있으며 라우터는 소프트 상태(soft state)로서 경로 정보를 유지하고 있다. 즉 IP 라우팅에서는 패킷의 목적지 IP 주소에 따라서 라우터는 다음 홉(next hop)의 라우터를 결정하게 되며 이러한 라우팅의 결정은 각 라우터에서 도착하는 각 패킷에 대해서 독립적으로 이루어진다. 현재 사용되고 있는 링크 상태(link state) 라우팅 프로토콜에서는 라우터로 하여금 최단 거리(shortest path)에 이르는 경로를 통해 패킷을 전달하도록 하고 있다.

이러한 인터넷 라우팅 모델은 어느 경로 상에 장애가 발생할 경우 대체 경로를 찾아 패킷이 전달된다는 장점을 갖고 있으나 특정 경로로 트래픽이 집중되는 것을 피하기 어려운 단점을 갖고 있다. 즉 입구(ingress)와 출구(egress) 노드 사이의 여러 경로 중에서 최단 거리의 경로에 패킷 전달이 집중되어 트래픽 부하(load)가 심해지는 반면에 좀 더 긴 거리(longer path)의 경로에는 트래픽의 전달이 적어서 링크간에 트래픽의 부하가 심한 불균형을 초래하게 된다.

트래픽 엔지니어링(traffic engineering)은 바로 이와 같이 여러 링크에서 트래픽의 흐름이 불균형하게 전달됨으로써 초래되는 체중(congestion) 현상을 피하기 위해서 트래픽의 흐름을 각 링크에 균형있게 배분하는 작업이

다. 글로벌 인터넷에서 앞으로 예상되는 트래픽의 폭주를 수용하면서 망의 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 하기 위해서는 트래픽 엔지니어링의 기능은 필수적이라 할 수 있다.

이러한 트래픽 엔지니어링 문제를 해결하기 위한 방안으로 추진되고 있는 것이 명시적 라우팅(explicit routing)의 사용이다. 명시적 라우팅에서는 현재의 hop-by-hop routing과는 달리 입구 노드에서 출구 노드에 이르는 경로를 사전에 미리 선택할 수 있도록 한다. 현재 Multiprotocol Label Switching(MPLS) 방식에서는 명시적 라우팅을 제공하는 방법에 대해서 논의를 진행하고 있다[10]. 명시적 라우팅을 결정하기 위해서는 기존의 IP 라우팅 프로토콜 이외에 별도의 신호 프로토콜이 필요하게 되는데 현재 MPLS에서는 Label Distribution Protocol(LDP)를 사용하는 방법과 Resource Reservation Protocol(RSVP)를 수정하여 사용하는 방법을 두고 논란을 벌이고 있다[11, 12].

트래픽 엔지니어링을 위한 또 다른 방법으로 현재의 라우팅 프로토콜에 멀티 경로(multi-path)를 선택할 수 있도록 기능을 확장하는 시도가 존재한다. 현재 전반적인 망의 사용 효율을 높일 수 있도록 OSPF와 IS-IS 라우팅 프로토콜을 멀티 경로 개념으로 확장한 OSPF-OMP와 ISIS-OMP의 작업이 추진되고 있다[13, 14].

QoS 라우팅의 진화된 형태인 Constrained Based Routing(CR)은 또 다른 각도에서 트래픽 엔지니어링의 문제를 해결하기 위한 시도이다[15]. CR의 목표는 특정 QoS 요구 조건을 충족하면서 체중을 피하고 망의 사용 효율을 높일 수 있는 경로를 선택하는 것을 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 이루기 위해서 CR은 단순히 망의 토폴로지 정보 외에 트래픽 흐름의 요구사항, 링크의 자원 가용도(resource availability), 그리고 망 관리자의 정책(policy)도 고려하여 경로를 선택하게 된다.

### 4. 서비스 구분(Service Differentiation)

앞으로의 인터넷에서는 실시간 멀티미디어

응용 서비스를 비롯하여 QoS를 보장하기 위한 서비스의 요구가 증대되고 있다. 이러한 요구를 충족하기 위해서 그림 1에서 보인 것과 같이 라우터에서는 IP 트래픽 흐름(flow)에 대하여 서비스를 구분하여 서비스 유형에 따른 패킷의 분류(classification), 인증(authentication), 트래픽 조절(shaping), 검사(policing)의 기능을 수행할 필요가 있다.

새로운 라우팅 파라다임에서 인터넷 QoS를 제공하기 위한 방향은 다음의 두 가지 전제에 기반을 두어야 한다. 첫째로 어느 정도까지 세분화된 트래픽 흐름에 대해서 QoS를 제공할 것인가라는 문제이다. 둘째로, 양종단(end-to-end)간 QoS를 보장할 것인가 아니면 망 경계 노드(edge node)간에서 QoS를 보장할 것인가라는 문제이다.

인터넷에서 QoS를 지원하기 위한 연구가 최근 수년간 IETF Integrated Service(IntServ) 워킹 그룹에서 연구되어 왔다[16]. IntServ 방식은 종단 호스트의 응용 서비스에서 발생하는 패킷의 흐름을 하나의 단위로 하여 RSVP 프로토콜을 이용하여 사전에 허락 제어(admission control)와 자원 예약을 수행하여 보장형 서비스(Guaranteed Service)를 제공한다. 하지만 이와 같은 방식은 망의 규모가 커질 때 모든 라우터가 유지해야 하는 각 흐름의 상태 정보의 양이 증대함으로써 인한 확장성(scalability)의 문제를 갖게 된다.

이에 따라 IETF Differentiated Services(DiffServ) 워킹 그룹에서는 1997년부터 대규모 망에서도 적용할 수 있는 DiffServ 모델을 추진 중에 있다. DiffServ 모델은 다음의 두 가지 특징을 갖고 있다[17].

첫째로 하나의 IP 패킷 흐름별로 서로 다른 QoS를 제공한다는 개념에서 벗어나, 어떤 흐름의 집합을 한 단위로 패킷 전달 품질을 제공한다는 점이다. 둘째로 이러한 커다란 흐름의 집합에 따른 서비스 구분과 관련되는 트래픽 조절(traffic conditioning) 기능은 모두 망의 경계 라우터에서 수행하도록 하고 망 내부의 라우터는 경계 라우터에 의해서 제공된 서비스 구분을 식별하는 간단한 비트 정보에 근거해서 아주 간단한 패킷 전달 기능만을 수행한다는

점이다. 이 정보는 DiffServ에서는 DS 바이트(현재 IPv4에서는 TOS 바이트, IPv6의 경우 Class Field 바이트)에 표시된다[18].

따라서 2.1절에서 설명한 순수 라우터 모델에서 앞으로의 QoS 제공은 이러한 IntServ 방식과 DiffServ 방식에서 정의된 IP 서비스 모델을 통해서 이루어지게 된다. 한편 L2 스위치 기반의 파라다임에서는 IntServ와 DiffServ의 IP 서비스 모델은 L2 서비스 모델과 매핑하는 작업이 필요하다. 예를 들면 ATM 스위칭을 통해 IntServ 방식의 QoS를 지원하기 위한 표준 방식이 존재한다[19].

## 5. 라우팅 파라다임의 비교

스위치 기반의 모델은 다음의 두 가지 측면에서 이점을 갖고 있다. 먼저 속도의 이점이다. 2계층에서의 스위칭 기술은 라우팅에 비해 기능이 단순하기 때문에 가격 대비 성능의 측면에서 볼 때 훨씬 싼 가격으로 동일한 성능을 갖는 스위치를 만들 수 있다. 따라서 이러한 경제적인 이유에서 스위칭 기술을 적용하기 위한 방안이 일찍부터 검토되어 왔다. 또 한 가지는 IP 라우팅과 패킷 전달(packet forwarding) 기능을 분리하는 의미를 갖는다. 따라서 IP 패킷의 전달 알고리즘은 어떤 방식을 사용하든지 이것을 제어하는 기능은 동일한 방식을 사용함으로써 두 기능 사이에 별도의 진화와 다양한 패킷 전달 기술의 적용이 가능해진다.

순수 라우터 모델의 장점은 첫째로 하드웨어 플랫폼(platform)의 개선을 통해서 고속의 패킷 처리가 가능하도록 하는 것으로 현재의 프로토콜 이외에 새로운 프로토콜의 도입이나 기존의 인터넷 망 구조의 변화를 필요로 하지 않는다는 장점이 있다. 둘째로 패킷을 ATM 셀로 전달하는데서 낭비되는 오버헤드, 즉 소위 셀 텍스(cell tax)가 없다는 장점이 있다.

속도의 측면은 2.1절에서 언급한 바와 같이 고성능 라우터 개발에 대한 투자가 집중됨에 따라서 조만간 가격 대비 성능의 비를 스위치 수준으로 끌어올릴 수 있을 것으로 전망된다. 따라서 광 네트워크를 통해서 직접 IP 패킷을 전달하는 IP over SONET, 더 나아가 IP

over WDM의 실현도 가능할 것이다. 이러한 점에서 순수 라우터 모델에 비해서 스위치 기반의 모델이 갖는 장점은 속도의 차원보다는 ATM 기술이 제공할 수 있는 능력에서 찾아 봐야 할 것이다. 특히 ATM 기반의 인터넷 코어 망(core network)을 구성할 경우 트래픽 엔지니어링과 QoS 제공이라는 측면에서 볼 때 라우터 기반의 망 보다 고도의 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 또한 IP를 포함한 멀티서비스의 제공이라는 차원에서 보면 ATM 기반의 모델은 통합된 망을 지향하는 망 사업자의 입장에서는 훨씬 호소력을 갖는다고 할 수 있다. 이러한 점에서 볼 때 순수 라우터 모델에 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. 하지만 멀티서비스의 제공이라는 점도 "everything on IP"라는 입장에서 보면 다른 각도로 해석할 수 있음을 배제할 수는 없다.

인터넷의 고속화를 위한 방안으로 ATM 기술을 적용하는 문제는 이미 오래 전부터 검토

되어 왔다[20]. 이 문제는 IP over ATM이라는 이름으로 IETF와 ATM 포럼을 중심으로 여러 가지 방식의 표준화가 이미 이루어 졌다. 현재 표준화된 방식으로는 Classical IP over ATM[1], Next Hop Resolution Protocol [2], LAN 에플리케이션[3, 4], 그리고 Multiprotocol Over ATM[5]이 있다.

이러한 방식들은 모두 오버레이 모델(overlay model)에 기초하고 있다. 이러한 오버레이 모델에 기반을 둔 IP over ATM 방식은 확장성(scalability)의 문제를 갖는다. 인터넷에서 이러한 망의 확장성 문제는 라우터 피어링(router peering)의 문제와 스위치에서의 VC 관리의 문제의 두 가지 측면에서 고려되어야 한다[20].

오버레이 모델은 ATM 계층과 IP 계층에서 어드레싱 기능과 라우팅 기능이 중복되게 수행되며 이에 따라 IP와 ATM간의 주소 변환 프로토콜을 필요로 한다.

또한 멀티캐스팅의 관점에서 볼 때 IP는 수신자 주도(receiver controlled)의 모델을 사용하고 있으며 ATM은 송신자 주도(source controlled)의 상이한 멀티캐스트 모델을 사용하고 있다. 이러한 차이점으로 인해서 오버레이

표 1 라우팅 파라다임의 비교

	순수 라우팅 모델	오버레이 모델	동등 모델
라우팅	-	계층 라우팅	통합 라우팅
트래픽 엔지니어링	No	Yes	Yes
서비스 구분	DiffServ IntServ	DiffServ IntServ ATM	DiffServ IntServ ATM <sub>(1)</sub>
멀티서비스	No	Yes	Yes No <sub>(1)</sub>
확장성	제한	제한	가능
오버헤드(cell tax)	No	Yes	Yes
스위치제어기능변경	-	불필요	필요
주소 해석	-	필요	불필요
표준 방식	-	Classical IPOA NHRP, MPOA	MPLS

(1) MPLS의 경우 특정 링크 계층 기술을 전제로 하고 있지 않다. 따라서 MPLS가 ATM 스위치를 사용하지 않을 수도 있다.

이 모델에서는 효과적인 IP 멀티캐스팅 기능을 제공하기 어렵다.

통합 라우팅 기반의 동등 모델에서는 ATM 종단점이 IP 주소에 의하여 구별되며 주소해석 프로토콜이 필요 없다. 그러나 이 모델에서는 ATM 스위치가 IP 라우터와 같이 동작해야 하기 때문에 ATM 스위치는 ATM 프로토콜과 함께 IP 프로토콜도 같이 갖고 있어야 하며 이를 제어하는데 있어서 스위치 제어 소프트웨어의 복잡도가 증가되는 단점이 있다.

QoS의 관점에서 본다면 두 모델 모두 QoS의 보장 가능성이 있지만 이는 IP 계층에서 제공하는 QoS 기능에 의존한다. 현재 IP의 QoS 모델은 IETF의 IntServ 모델과 DiffServ 모델이 존재하는데 두 모델의 QoS 서비스 모델과 ATM의 QoS 모델과의 매핑이 필요하다.

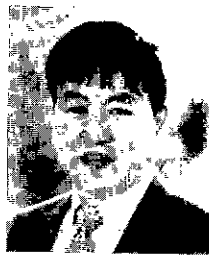
표준화 진행 상황을 보면 IETF나 ATM 포럼에서는 Classical IP over ATM, NHRP, LAN 에뮬레이션, MPOA에 관한 표준화가 완료된 상태이고 MPLS는 IETF에서 표준화가 현재 진행되고 있다. 표 1에서는 세 가지 모델에 관한 특징을 비교해 보여주고 있다.

## 참고문헌

- [1] M. Laubach and J. Halpern, "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, "LAN Emulation over ATM Version 1.0", af-lane-0021.000, January 1995.
- [4] ATM Forum, "LAN Emulation over ATM Version 2.0 LUNI Interface", af-lane-0084.000, July 1997.
- [5] ATM Forum, "Multi-Protocol Over ATM Version 1.0", AF-MPOA-0087.000, July 1997.
- [6] J. Manchester et al., "IP over SONET", *IEEE Comm. Magazine*, May 1998.
- [7] R. Callon et. al., "A Framework for Multiprotocol Label Switching", Internet-Draft <draft-ietf-mpls-framework-02.txt>, November 1997.
- [8] ATM Forum, "Integrated PNNI(I-PNNI) v1.0 Specification", BTDPNNI-IPNNI-01.01, May 1997.
- [9] ATM Forum, "PNNI Augmented Routing (PAR) v1.0 Specification", BTDPNNI-PAR-01.-02, December 1997.
- [10] D. Awduche et al., "Requirement for Traffic Engineering Over MPLS", Internet Draft <draft-ietf-mpls-traffic-eng-00.txt>, October 1998.
- [11] L. Anderson et al., "Constraint-Based LSP Setup using LDP", Internet Draft <draft-ietf-mpls-cr-ldp-00.txt>, January 1998.
- [12] D. Awduche et al., "Extensions to RSVP for LSP Tunnels", Internet Draft <draft-ietf-mpls-rsvp-lsp-tunnel-00.txt>, November 1998.
- [13] C. Villamizar, "OSPF Optimized Multipath (OSPF-OMP)", Internet Draft <draft-ietf-ospf-omp-01>, October 1998.
- [14] T. Li and C. Villamizar, "IS-IS Optimized Multipath (ISIS-OMP)", Internet Draft <draft-villamizar-isis-omp-00>, October 1998.
- [15] E. Crawley et al., "A Framework for QoS-based Routing in the Internet", RFC 2386, August 1998.
- [16] R. Braden et. al., "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", RFC 1633, June 1994.
- [17] S. Blake et. al., "An Architecture for Differentiated Services", Internet Draft <draft-ietf-diffserv-arch-01.txt>, August 1998.
- [18] K. Nichols et. al., "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the Ipv4 and Ipv6 Headers", Internet

Draft <draft-ietf-diffserv-header-04.txt>, October 1998.

- [19] M. Garret and M. Borden, "Interoperation of Controlled-Load and Guaranteed-Service with ATM", RFC 2381, August 1998.
- [20] 홍석원 외, ATM 상의 인터넷 서비스 기술 개론, 전자통신연구원, 1999년 2월.



**홍 석 원**

1979 서울대학교 물리학과(학사)  
 1988 North Carolina State University, 전산학(석사)  
 1992 North Carolina State University, 전산학(박사)  
 1993~1995 한국전자통신연구원 광대역 통신망 연구부 선임연구원  
 1995~현재 명지대학교 전자정보통신공학과 조교수  
 관심분야: 네트워크 구조 및 프로토콜, 성능 분석

E-mail: swhong@wh.myongji.ac.kr

● 제26회 임시총회 및 춘계학술발표회 ●

- 일 자 : 1999년 4월 23일(금)~24일(토)
- 장 소 : 목포대학교
- 문 의 처 : 한국정보과학회 사무국  
 Tel. 02-588-9246, Fax. 02-521-1352  
<http://kiss.or.kr>  
 E-mail: kiss@kiss.or.kr