

ATM 기술을 이용한 초고속 인터넷 구축 기술

김성철*, 이상은*, 이진영*

한국통신공사, 한국통신공사, 한국통신공사

1. 서론

현재 인터넷은 정보화 사회의 확산과 함께 전세계적으로 가장 많은 사용자와 트래픽을 보유한 정보통신 인프라이며 어떤 통신망 기술보다 빠르게 발전하고 있다. 세계의 인터넷 사용자는 매년 평균 23% 이상의 증가를 보이고 있으며 이에 따라 인터넷의 트래픽도 급속하게 증가되고 있다. 이와 같은 추세로 미루어 볼 때 인터넷은 가까운 미래에 음성 및 다양한 정보를 통합적으로 제공하는 통신망으로서 기존 전화망을 능가하는 주요 가입자 통신서비스로 자리잡을 것이다. 그러나 현재의 인터넷은 여러 가지 해결해야 할 문제점들을 가지고 있다. 그 중에 서비스의 질(Quality of Service : QoS) 제공에 대한 문제는 인터넷을 통해 전송되는 트래픽이 점차 음성, 데이터, 동영상 등 통합된 멀티미디어 트래픽의 성격을 띠면서 사용자가 요구하는 서비스의 질이 엄격해지고 대역폭 보장의 요구가 높아지면서 해결해야 할 중요한 이슈가 되었다. 또한 정보 전송의 양이 많아짐에 따라 라우팅 오버헤드로 인해 전송 속도가 저하되면서 기존의 라우터 기반 백본망의 한계가 나타나기 시작했다. 이에 따라 고속의 멀티미디어 서비스를 위해 QoS와 고속의 전송 속도가 보장되는 ATM 망이 차세대 인터넷의 백본망의 기술로 인식되어 왔다. 한편 초고속 인터넷을 구축하기 위해서는 백본망 기술 이외에도 고속 라우팅/스위칭 통합 기술, 트래픽 관리를 위한 기술 등도 꾸준히 연구되어야 할 이슈들이다. 현재 기존 인터넷의 저속성과 QoS 미보장의 문제를 해결하기 위해 ATM 백본망 기반의 인터넷에서 MPLS를 이용하는 기술이 등장하여 연구되고 있다. 본 고에서는 현재 IETF와 같은 표준화 기구 및 산업체/학계에서 활발히 논의되고 있는 ATM기반의 인터넷에서 고속성과 QoS를 제공하기 위한 기술인 MPLS와 차별화된 서비스(Differentiated service)와의 연동 문제 등에 대해 고찰하고자 한다. 본 고의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 ATM

기반의 MPLS 기술 개념에 대해 살펴보고 3장에서 ATM 백본망에서 MPLS를 이용하여 QoS를 제공하는 방법에 대하여 알아 본 후에 제 4 장에서는 VC 통합을 통한 DiffServ를 구현하는 방법에 대하여 고찰하고, 제 5 장 결론에서는 추후 해결해야 할 문제 등에 대하여 살펴본다.

2. ATM 기반의 MPLS (Multi-Protocol Label Switching)

MPLS는 기존의 IP망과 ATM망을 통합해 3계층의 라우팅 정보를 2계층에서 고속으로 처리할 수 있게 하는 대표적인 라우팅/스위칭 통합의 기술인 레이블 스위칭을 사용한다. 동일한 목적지로 향하는 응용 데이터 흐름(application data flow)들의 집합인 스트림을 가리키는 식별자 - 레이블을 인접한 노드와 교환하여 패킷을 전송하며 패킷이 들어오면 incoming 레이블을 확인해 각 노드마다 유지하고 있는 정보를 기반으로 outgoing 레이블로 대치하여 패킷을 전송한다. 각 노드에서는 레이블만 확인한 후 빠르게 스위칭을 하게 때문에 매 홉(Hop)마다 경로를 계산해야 하는 IP 라우팅보다 패킷을 빠르게 처리할 수 있으며 인터넷 트래픽에 ATM의 트래픽 관리 기능을 적용해 인터넷 트래픽에 대한 QoS도 제공할 수 있다.

2.1 ATM-MPLS의 구조

ATM망 기반으로 MPLS가 동작하는 경우에 ATM 스위치는 레이블 스위칭 라우터로써 동작한다. 각 패킷은 ATM-MPLS 도메인으로 incoming시 셀로 캡슐화될 때 VPI/VCI 필드를 포함하는 레이블이 적용된다. 각 ATM 스위치는 ATM-MPLS 도메인에서 ATM-LSR(Label Switching Router)로서 동작하여 셀이 도착하면 레이블을 확인하여 VPI/VCI를 outgoing VPI/VCI로 변환시켜 스위칭

을 행한다. VPI/VCI 필드를 사용해 레이블 스위칭을 실행하는 데에는 다음의 3가지 모드가 가능하다.

2.1.1 직접 연결

이 방법은 하나의 LSR이 레이블 스위칭 제어 ATM (Label switching controlled ATM :LC-ATM) 인터페이스를 통해 다른 하나의 LSR에 연결되어 단일한 경로로 모든 셀들이 전송되는 경우를 말하며, 이 경우는 전체 VPI/VCI 필드가 단일 레이블로 인코딩되거나 다층 구조를 가지는 라우팅을 실행하기 위해 레이블 스택을 이용해 VPI 필드를 레이블 스택의 맨 위에 인코딩하고 VCI를 다음으로 인코딩하는 방법을 사용할 수 있다. 후자의 방법은 각 VCI가 스트림을 전달할 수 있으므로 VC의 통합에 적절하지만 레이블 스위칭 경로(Label Switched Path: LSP)에서만 사용 가능하고 non-MPLS 연결에서는 사용할 수 없다.

2.1.2 ATM VP를 통한 연결

인접한 LSR이 ATM 망을 경유해 즉 가상 경로를 통해 연결된 경우이며, MPLS에서 레이블의 VPI 필드는 사용되지 않고 단지 VCI 필드만이 인코딩된다.

2.1.3 ATM SVC(Switched Virtual Circuit)를 통한 연결

인접한 두 LSR이 ATM의 SVC를 경유해 연결된 경우를 말하여 각 VC에 할당된 VCID(Virtual Connection ID)를 이용해 레이블 인코딩을 한다.

2.2 ATM-MPLS 스위칭의 요소 및 동작

ATM-MPLS 스위칭은 크게 에지 LSR, ATM 스위치, 레이블의 요소에 의해 동작된다. 도메인의 경계에 위치한 에지 LSR은 패킷 당 할당된 FEC(Forwarding Equivalence Class)에 따라 레이블을 할당하고 다음 ATM-LSR로 셀을 forwarding하며 최종 목적지에 도착하기 전 레이블을 삭제하는 역할을 한다. 각 ATM스위치는 ATM-LSR로서 incoming 셀의 레이블 내에 있는 VPI/VCI 필드를 outgoing VPI/VCI로 대체시킨 후 해당 ATM-LSR로 전송한다. 레이블의 할당은 downstream ATM-LSR에서 이루어지며 upstream LSR의 요구가 있을 때 레이블을 할당하고, 요구한 upstream 노드에만 레이블 바인딩을 전달하는 "downstream on demand"는 다수의 VC를 병합해 하나의 VC로 outgoing시키는 VC 통합에 유리하다.

ATM-LSR은 VC 통합을 지원하지 않는 전통적인 ATM 스위치의 방식과 VC 통합이 가능한 두 가지 형태가 있다.

- non-VC 통합 ATM LSR

VC 통합을 지원하지 않는 ATM LSR의 경우 동일한 upstream LSR로부터 같은 FEC에 대해 다수의 레이블 바인딩 요구를 수신할 경우 각 요구에 대해 각각 새로운 바인딩을 제공해야 한다. 경로가 변경되었을 때 각 FEC에 대

한 다음 흡이 유지하고 있는 레이블 바인딩 정보는 더 이상 유효하지 않으므로 이 정보를 리스트에서 삭제하여 레이블 정보의 증가를 방지하는 "Conservative Label Retention Mode"를 사용한다.

- VC 통합 가능한 ATM LSR

VC 통합을 지원하는 ATM LSR은 특정한 FEC에 대해 다수의 레이블 바인딩 요구를 수신해도 FEC 당 하나의 outgoing 레이블을 할당한다. 또한 "Liberal Label Retention Mode"를 사용해 라우팅 테이블이 변경되었을 때에도 바인딩을 계속 유지하여 라우팅의 변화에 빠르게 대처할 수 있는 특징을 가진다.

2.3 ATM-MPLS 동작 모드

ATM을 기반으로 동작하는 MPLS에는 여러 가지 형태가 있을 수 있으나 크게 다음의 2가지 경우로 나누어 볼 수 있다.

2.3.1 MPLS만 지원하는 형태

ATM 스위치를 MPLS만을 위해 사용하는 경우로 단지 인터넷 트래픽만을 수용하며 다른 서비스는 지원하지 않도록 되어 있다.

2.3.2 Hybrid 형태 - Ships in the night (SIN)

ATM과 MPLS가 ATM의 제어 평면 중 VPI/VCI 공간을 분배하여 사용하는 형태로, MPLS는 기존의 2계층 스위칭 프로토콜(ATM Forum Signaling)로 "ships in the night" 동작을 한다. SIN 모드는 MPLS/ATM 제어와 라우팅이 같은 네트워크 상에서 동시에 수행된다. 또한 MPLS와 ATM 트래픽은 같은 네트워크 하부 구조를 분배한다. 그러나 두 개의 프로토콜은 서로 독립적으로 동작해야 하므로 동일 네트워크 상에서 MPLS와 ATM의 성공적인 통합을 위해서 해결해야 할 다음과 같은 사항들이 요구된다.

a) VPI/VCI 공간 분배

LC-ATM(Label-controlled ATM) 인터페이스에서, 레이블은 ATM 셀의 28비트 VPI/VCI 영역을 단일 레이블로 인코딩하거나, 2레벨의 레이블 스택으로 인코딩된다. ATM 스위치는 레이블에 따라 서로 다른 MPLS, ATM 영역의 트래픽을 전달하므로, ATM과 MPLS 영역이 각각 사용할 VPI/VCI 공간의 분배가 필요하다. 따라서 ATM과 MPLS 사이의 레이블 공간의 분배는 인터페이스마다 미리 구성되어야 한다. 두 개의 인접한 LSRs/ATM 스위치 사이의 유효한 VPI/VCI 범위의 정보 교환은 다음과 같이 행해진다.

- MPLS는 유효한 VPI/VCI 레이블의 범위를 협상하기 위해 LDP를 사용한다. 즉 LDP 세션의 초기화 단계 동안 두 개의 인접한 LSR 간에 정보가 교환된다.
- ATM은 유효한 VPI/VCI 범위를 협상하기 위해 ILMI (Interim Local Management Interface) 채널을 사용한다.

b) 트래픽 관리 (Traffic Management: TM)

트래픽 관리는 MPLS에서 중요한 구성 요소이다. 현재 트래픽 관리는 explicit routing(ER), 서비스 등급(Class Of Service: COS) 구별, LDP를 사용한 LSP에 대한 대역폭 예약 등의 기능이 있으며, 보다 자세한 내용은 3장에서 설명하기로 한다.

c) 처리 능력

SIN 모드를 수행할 때에는, 두 개의 라우팅과 제어 스택이 같은 노드 상에 있다. ATM은 시그널링과 라우팅 S/W, 정보 데이터베이스를 요구하고, MPLS도 시그널링(LDP)과 IP 라우팅(RIP, OSPF, BGP) S/W와 정보 데이터베이스가 존재하므로, SIN 동작은 ATM과 MPLS를 동시에 다룰 수 있을 만큼의 처리능력이 필요하다.

2.4. 스트림 통합(Stream merge)

ATM-MPLS망이 에지의 라우터 사이 full mesh 형태로 접속되는 경우 라우터 수의 증가에 따라 라우팅정보의 수는 기하급수적으로 증가한다. 이러한 라우팅 오버헤드를 감소시키기 위해 다수의 upstream 노드를 하나의 downstream 노드로 합치는 스트림 통합에 대한 연구가 진행되고 있다.

ATM에서 스트림을 통합하는 데에는 셀 들의 섞임(interleaving) 문제가 발생한다. 셀 들의 섞임은 스트림을 통합할 때 ATM 셀로 나뉘어진 서로 다른 전송원의 IP 패킷이 서로 합쳐져 단일한 경로를 따라 전달되면서 섞여 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 두 가지 형태의 스트림 통합의 방법이 있다. 첫 번째 방법은 VP를 통합하는 방법으로 레이블의 상위 VP를 통합하여 하나로 인코딩하고 VC는 원래 전송원 별 흐름으로 유일하게 구분하여 할당한다. 다른 한 가지 방법은 VC 통합으로 VC를 하나로 통합하되 원래 전송원 별로 트래픽 흐름(flow)이 구별되도록 전체 패킷이 수신될 때까지 버퍼링 동작을 한다. VP 통합은 기존의 ATM 하드웨어에 별다른 수정 없이 적용이 가능하고 VC 통합과 같이 통합점에서 지연이 발생하지 않는 장점

을 가진다. 그러나 VC 통합은 ATM 스위치의 하드웨어 변경이 요구되는 문제점이 있다.

3. ATM망에서 MPLS를 이용한 QoS의 제공

MPLS는 각 스트림에 대한 forwarding 및 스케줄링의 정보를 제공하는 레이블을 사용하여 다양한 정책기반 라우팅 기능을 제공할 수 있다. 특히 레이블을 할당할 때 레이블이 포함하는 정보의 범위에 따라 다양한 계층별 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어 레이블의 단위를 대략적으로 설정하여 동일한 출력 지점의 라우터(egress router)를 통해 전송되는 모든 스트림에 같은 레이블을 할당한다거나 레이블 단위를 세밀하게 결정하여 어플리케이션 흐름 당 레이블을 할당할 수 있다. 특히 후자의 경우는 어플리케이션 데이터 흐름 당 스위칭, 스케줄링이 가능하므로 4계층 스위칭과 같이 동작한다. 또한 ATM은 개개의 연결 당 전송의 품질을 보장하는 고유한 QoS 기능이 제공된다. 따라서 ATM 기반에서 MPLS 기술을 이용한다면 ATM 스위치에 구현된 강력한 트래픽 관리 기능이 MPLS에 적용되어 트래픽 서비스 등급 구별과 보장을 효과적으로 제공하기 위해 트래픽의 shaping, policing, 큐잉, 스케줄링, LSP의 수락제어 기능을 이용할 수 있다.

3.1 트래픽 관리

트래픽 shaping: 트래픽 전송율을 특정 값으로 제한하기 위해 네트워크의 출력 지점(egress point)에서 수행하는 기능이다. 그림 1의 LSR1로부터 LSR2로의 출력 트래픽 전송율이 ISP1에서 ISP2 사이의 협상된 대역폭을 초과하지 않게 제어하는 것이며 이 기능은 두 개의 도메인 ISP1과 ISP2사이의 경계에서 수행된다

트래픽 policing : 협정된 트래픽 전송율로 트래픽을 전송하기 위해 네트워크의 진입 지점에서 수행하는 기능이며 그림 1의 LSR1로부터 LSR2로 들어오는 트래픽 전송율이

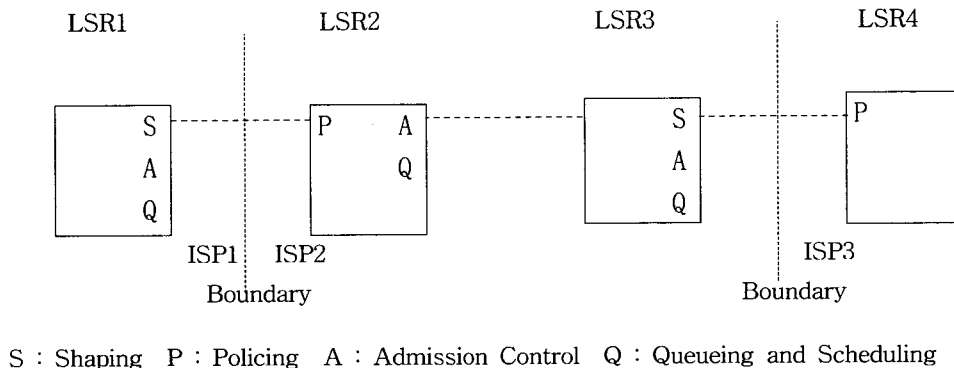


그림 1. MPLS 트래픽 관리 전략

⚡ ATM 기술을 이용한 초고속 인터넷 구축 기술 ⚡

ISP1와 ISP2 사이에 협상된 대역폭을 초과하지 않도록 제어한다. 이 기능 또한 도메인 ISP1과 ISP2 사이의 경계에서 동작해야 한다.

큐잉과 스케줄링 : 차별화된 서비스를 제공하기 위해서 요구되는 기능으로 우선 순위에 따라 큐잉과 스케줄링이 변화된다. ATM과 MPLS 트래픽에 대한 QoS 보장은 서로가 독립적으로 제공되어 손실과 지연 보장에 영향을 끼친다. 이러한 QoS 요구는 분배된 queueing과 scheduling 시스템에서 ATM 서비스 분류와 MPLS 서비스 클래스의 매핑이 필요하다. 그 예로 다수 우선 순위(Multi-priority) 시스템에서 ATM과 MPLS를 매핑하는 방법은 아래와 같다.

다양한 지연과 손실에 대한 보장을 위해 ATM 하드웨어는 다수의 전송(multiple emission)과 폐기 우선 순위(discard priorities)를 사용한다. 3종류의 전송 우선 순위와 4종류의 폐기 우선 순위가 있다면 MPS는 12개의 다른 QoS를 제공한다. 전송 우선 순위는 트래픽의 지연(delay)과 관련되고, 폐기 우선 순위는 손실(loss)과 관련된다. 그러므로 E1은 상대적으로 지연이 가장 낮고, E3는 가장 높다. 혼잡 상태에서는 트래픽이 D4에서 D1 순서로 폐기된다. 그러므로 D1은 상대적으로 패킷 손실이 가장 낮고, D4는 가장 높다.

COS 0과 UBR(Unspecified Bit Rate)은 비슷한 "Best Effort"의 성질을 가지므로, 전송 우선 순위와 폐기 우선 순위는 둘 다 가장 낮다. COS 1과 비 실시간 VBR(nrt-VBR)은 둘 다 손실에는 엄격하지만 지연에는 크게 민감하지 않다. 그러므로 D3/E3 슬롯에 매핑된다. COS 2와 실시간 VBR(rt-VBR)은 낮은 지연 보장을 요구하여 전송 우선 순위가 COS 0/COS 1보다 더 높은 데에 매핑된다. CBR은 가장 낮은 지연과 낮은 손실 보장을 요구하므로 가장 높은 전송 우선 순위와 폐기 우선 순위에 매핑된다. 일반

		CBR	Control	E1
	COS 2	rt-VBR	Control	E2
UBR COS 0	nrt-VBR COS 1		Control	E3
D4	D3	D2	D1	
Discard Priority				

COS 0 : Best Effort COS 1 : Low Loss Guarantee COS 2 : Low Delay Guarantee

그림 2. Multi-Priority System (MPS)

적으로 지연에 민감한 트래픽은 그렇지 않은 트래픽 보다 더 높은 전송 우선 순위 큐를 사용하며 손실에 민감한 트래픽은 덜 민감한 트래픽 보다 높은 폐기 우선 순위를 사용한다.

3.2 대역폭 관리

SIN 동작에서 중요한 관리 대상 중 하나는 대역폭이다. ATM과 MPLS 트래픽이 같은 ATM 자원을 이용하므로 네트워크 사용량을 동등하게 분배해야 한다. 멀티 서비스 ATM 네트워크는 연결에 대해 엄격한 대역폭 보장을 제공하며 LSP들은 LD를 통해 대역폭을 예약할 수 있다. LSP의 대역폭 예약에는 다음과 같은 방법이 있다.

- ATM과 MPLS의 엄격한 분리방법
각 대역폭 풀(pool)을 만들어 하나는 ATM, 다른 하나는 MPLS가 사용하는 풀로 분리한다.
- ATM과 MPLS의 완전 공유
단지 하나의 대역폭 풀이 존재하며 단일한 대역폭 풀을 MPLS와 ATM이 공유하는 형태이다.

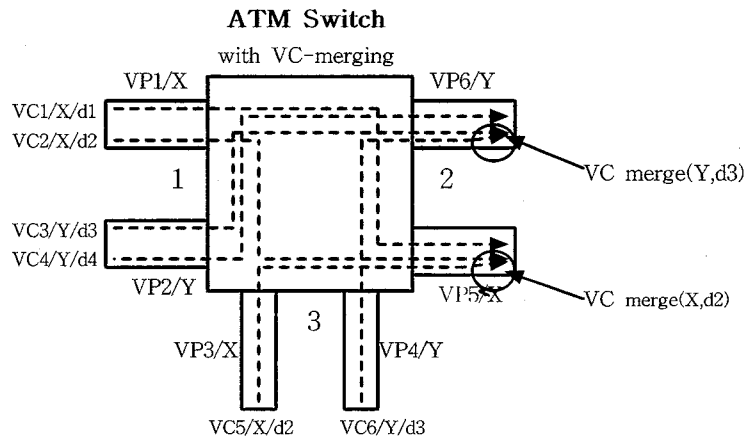


그림 3. VC-merging for Diffserv over ATM Emission Priority

4. ATM을 이용한 MPLS 네트워크에서의 Diffrenciated Services(Diffserv)의 제공

IP 네트워크가 ATM 네트워크와 연결될 때, 네트워크 계층에서 모든 라우터들이 가상 채널에 의해 서로 직접 연결되어지게 된다. 즉 모든 라우터들은 ATM의 가상 채널에 의해 모든 이웃 라우터들과 full mesh

형태로 연결되어 있다. 이 때 라우터들의 수가 늘어갈수록 요구되어지는 가상 채널의 수는 $n(n-1)/2$ 의 비율로 증가하게 된다. 따라서 네트워크의 크기가 증가할수록 scalability 문제와 네트워크를 관리하기에 커다란 어려움이 따르게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 다른 Diffserv (DF) 클래스들을 다중의 가상 채널에 대응시키는 방법이 대두되었다. 이 중에 특히 앞 절에서 설명되어진 VC 통합은 같은 목적지를 가지며 같은 Diffserv 클래스를 가지는 incoming VC 레이블을 같은 outgoing 레이블로 대응시키는 메카니즘을 말한다. 이 경우 서로 다른 패킷으로부터의 셀 들은 같은 VC 레이블을 공유하므로 서로 섞일 수 없다. 서로 다른 두 인접 패킷 사이의 경계는 AAL5에 의해 사용되어지는 End-Of-Packet(EOP) 마크에 의해 구별되어진다. 위 그림은 이와 같은 목적지와 서비스 클래스에 기반을 둔 VC 통합을 위한 ATM 스위치를 보여주고 있다. 그림 3에서 X와 Y는 서로 다른 Diffserv 클래스들이고, d1, d2, d3, d4는 서로 다른 목적지를 말한다. 그림3에서 보는 바와 같이 같은 (class, destination)쌍을 갖는 VC들에게 출력에서 같은 outgoing VC 레이블을 할당한다. 물론 이 경우에 출력에서의 패킷 재조립 및 버퍼링에 대한 고려가 필요하다. 같은 맥락에서 이러한 Diffserv의 MPLS에서의 처리는 다음과 같다. 즉, 같은 링크를 지나면서 같은 Diffserv를 갖는 모든 IP 패킷들은 Behavior Aggregate를 만들게 된다. 인입 노드에서 패킷들은 만들어진 Behavior Aggregate에 따라 Diffserv Code Point(DSCP)로 구분되고 마크되어진다. 전송 노드에서는 목적지 주소가 다음 홉을 결정하는데 사용되고, DSCP는 취급되어질 각 패킷들에 대한 큐잉 방법 및 폐기확률 등을 결정하는 Per Hop Behavior(PHB)를 선택하는데 사용되어진다. 이러한 MPLS ATM을 이용한 Diffserv PHBs에 대한 논의가 현재 IETF에서 활발히 논의되어지고 있다.

5. 결 론

현재 인터넷에서 사용자의 다양한 서비스의 질에 대한 요구와 인터넷 서비스의 고속 처리에 대한 요구를 충족시키기 위해서는 인터넷의 백본망에서 고속으로 데이터를 forwarding하고 네트워크의 에지에서 는 트래픽의 분류, 클래스의 할당 등 QoS 제공을 위한 작업을 수행하는 것이 필요하다. 따라서 본 고에서는 이러한 필요성을 충족시킬 수 있는 대안으로 각광을 받고 있는 기술인 MPLS와 ATM망과의 적용에 대하여 살펴보았다. MPLS는 ATM 망에서 레이블을 사용해 3계층의 라우팅을 2계층의 ATM 스위칭으로 수행하여 궁극적으로 고속의 정보전송을 가능하게 한다. 또한 트래픽의 분류에 따른 레이블의 사용과 ATM 고유의 QoS 보장의 특성을 결합해 인터넷 서비스에서도 고품질의 다양한 서비스를 제공 가능하게 한다. 그리고 ATM-MPLS의 사용은 다양한 서비스(음성, 비디오, 데이터 등)를 하나의 플랫폼에서 제공하게 하므로 하부구조의 수를 감소시킬

수 있다. 이 외에도 ATM망을 이용해 인터넷의 대역폭 제한 문제도 해결할 수 있으며 기존 IP over ATM 환경에 대한 추가적인 투자가 필요하지 않은 장점을 가진다. 그러나 앞으로 MPLS의 추구하는 다양한 전송망과의 연동, QoS 보장 및 VPN 등의 많은 해결해야 할 문제가 산적해 있는 실정이다.

참고문헌

- [1] Bruce Davie, Paul Doolan, "Use of Label Switching with ATM", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-davie-mpls-atm-01.txt>, July 1998
- [2] Eric C. Rosen, Arun Viswanathan, Ross Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-arch-03.txt>, February 1999
- [3] Ross Callon, Paul Doolan, N.Feldman, A.Fredette, G.Swallow, Arun Viswanathan, "A Framework for Multiprotocol Label Switching", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-framework-02.txt>, November 21, 1997
- [4] Bruce Davie, Eric C. Rosen, George Swallow, Paul Doolan, "MPLS using LDP and ATM VC Switching", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-atm-02.txt>, April 1999
- [5] Ken-ichi Nagami, Noritoshi Demizu, Hiroshi Esaki, Yasuhiro Katsube, Paul Doolan, "VCID Notification over ATM link", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-vcid-atm-03.txt>, April 1999
- [6] Intra Widjaja, Anwar Elwalid, "Performance Issues in VC-Merging Capable ATM LSRs" <http://ietf.org/internet-drafts/draft-widjaja-mpls-vc-merge-01.txt>, October 1998
- [7] B.Jamoussi, N.Feldman, L.Andersson, "MPLS Ships in the Night Operation with ATM", <http://infonet.aist-nara.ac.jp/member/nori-d/mir/id/draft-jamoussi-mpls-sin-00.txt>, August 1998
- [8] Liwen Wu, Pierrick Cheval, Pasi Vaananen, Bruce Davie, "MPLS Support of Differentiated Services by ATM LSRs and Frame Relay LSRs", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-diff-ext-00.txt>, March 1999
- [9] Juha Heinanen, "Differentiated Services in MPLS Networks", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-heinanen-diffserv-mpls-00.txt>, June 1999
- [10] Liwen Wu, Pierrick Cheval, Bruce Davie, "MPLS Support of Differentiated Services by ATM LSRs and Frame Relay LSRs" <http://ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-diff-ext-01.txt>, June 1999
- [11] Shahram Davari, Ram Krishnan, Pasi Vaananen,

《 ATM 기술을 이용한 초고속 인터넷 구축 기술 》

"MPLS Support of Differentiated Services over PPP links", <http://ietf.org/internet-drafts/draft-davari-mpls-diff-ppp-00.txt>, February 1999

[12] Anwar Elwalid, Deepak Kataria, "On Supporting DiffServ over ATM Using VC-Merge", ATM_Forum/99-0268

저 자 소 개



김성철 (金成哲)

1959년 1월 1일생. 1991년 뉴욕 폴리테크닉 대학 EE(석사). 1995년 뉴욕 폴리테크닉 대학 EE(공학박). 1985년-1987년 한국원자력연구소 연구원. 1994년-1995년 미국 Samsung Network Lab Senior Engineer. 1995년-1997년 삼성전자(주) 수석연구원. 1997년-현재 상명대 정보통신학부 교수. 주관심 분야: 초고속 통신망, ATM, ATM 멀티캐스트, 네트워크 성능분석



이상은 (李尙恩)

1973년 12월 24일생. 1997년 2월 상명대 경영학과 졸업. 1997년 8월-현재 상명대 정보통신대학원 정보통신학과 석사과정 재학중. 주관심 분야: 초고속 통신망, ATM, ATM 멀티캐스트, 네트워크 성능분석



이진영 (李珍兪)

1974년 9월 5일생. 1998년 2월 상명대 정보과학과 졸업. 1998년 3월-현재 상명대 대학원 정보처리학과 석사과정 재학중. 주관심 분야: 초고속 통신망, ATM, ATM 멀티캐스트, 네트워크 성능분석