



TTA 표준 소개

차세대 인터넷을 위한 MPLS 기술 표준

(TTAS,IF-RFC3215), (TTAS,IF-RFC3212), (TTAS,IF-RFC3036)
(TTAS,IF-RFC3035), (TTAS,IF-RFC3032)(TTAS,IF-RFC3031/R1)

최준균 · TTA 통신망기술위원회 통신망구조연구반 의장, 한국정보통신대학교

요 약

본 고에서는 국제적으로 MPLS 기술표준화 현황과 국내에서 고품질의 Reliable 및 Manageable 인터넷을 위하여 MPLS 기술도입을 지원하기 위해 국가표준건의대상으로 선정된(제33차 정보통신표준총회) 6건의 정보통신단체표준(TTAS)에 대하여 설명한다.

1. 서론

현재 인터넷은 교육이나 쇼핑 그리고 정보 입수 등을 위한 Best Effort 수준의 인터넷과 더불어 실질적인 비즈니스에서 요구되는 보안, 인증 및 신뢰도 뿐만 아니라 전달 성능 측면에서도 일정한 성능을 제공하여 목적지까지 정보전달 시간에 대한 예측이 가능한 고품질의 인터넷이 요구된다.

MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 기술은 현재의 인터넷이 어떠한 형태의 서비스 품질도 보장을 해주지 못하는 Best Effort 망인데 반하여, 영상, 음성 및 실시간 데이터 등과 같은 멀티미디어 트래픽에 대하여 망의 대역폭과 리소스를 예약하여 종단간에 서비스 품질을 제공하기 위한 프로토콜이다.

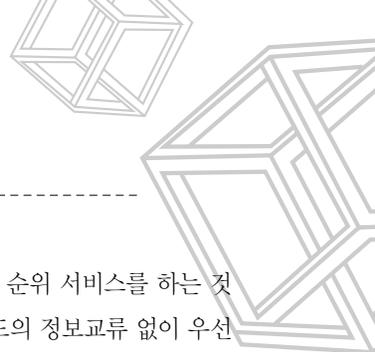
이러한 MPLS 프로토콜이 제안된 배경은 차세대 인터넷에서는 소스호스트와 목적지 호스트 간에 영상이나 고품질의 오디오 서비스를 위해서는 비교적 긴 스트림이나 파일에 대하여 적절한 대역을 보장해 줄 필요가 있기 때문이다. 또는 폭주가 상시에 발생하기 쉬운 일부 구간에 대하여 입력 트래픽을 서비스 등급에 따라 차등적으로 전달함으로써 우선 순위를 갖는 트래

픽에 대하여 보다 양질의 서비스를 제공할 수 있기 때문이다.

2. MPLS 기술 개요

차세대 인터넷을 위한 비즈니스 측면의 요구사항은 가상 사설망(VPN), 정보흐름 다발(Flow) 및 서비스 등급(CoS) 개념의 3가지 사항으로 정리할 수 있다.

첫째로 현재 일반적인 인터넷을 사용하는 가입자는 점차로 자신들만의 공간인 사설 인터넷 망을 구축하는 것을 매우 활발하게 전개하여 향후에 가입자의 50 ~ 80% 정도가 사설 인터넷 망으로 전환할 것이라고 전망한다. 왜냐하면 공중 인터넷 망을 활용하여 자신만의 가상 사설망을 구축하는 경우에는 지리적으로 떨어진 자사 기업 간에 WAN을 구성하는 비용이 대폭 절감되며, 동시에 자신의 사설망과 같은 수준의 보안능력을 가질 수가 있다. 또한, 공중 인터넷에서 발생하는 어드레싱, 프로토콜 처리 또는 호 처리 등의 문제로부터 벗어날 수 있고, 망 구성관리 등과 같은 비용을 절감할 수 있다. 이러한 형태의 사설망은 소규모 캠퍼스



지역에서는 가상랜 형태로 구축할 수 있으나 넓은 지역의 공중망을 이용하는 경우에는 MPLS 기술이 가장 효과적으로 가상 사설망을 제공해 줄 수 있다. 특히, MPLS 기술은 기존의 전송장비나 ATM이나 프레임 릴레이 기술 등을 사용한 스위칭 장비를 활용한 2 계층에서 가상 사설망을 구축할 수 있을 뿐만 아니라 라우터를 기반으로 한 3계층에서도 가상 사설망의 구축이 가능하다. 이와 같이 가상 사설망 구축에 MPLS 기술을 적용하는 이유는 먼저 사용자 계층에서 터널링 방식을 사용하지 않아도 되고, 채널의 개설과 취소가 on-Demand로 가능하기 때문이다. 이밖에 가상 사설망 구축에서 MPLS의 장점은 서비스 품질의 제공이 가능하고, 서비스 공급자 측면에서 가상 사설망의 유지관리 비용이 저렴해지며, 서비스 품질을 기반으로 한 부가서비스가 매우 용이하기 때문이다.

둘째로 차세대 인터넷을 위한 요구사항 중에 가입자 정보흐름 단위의 flow 개념은 현재 IP 망의 가장 큰 문제점을 해결할 수 있다. 이는 현재 IP 프로토콜에서는 동일한 메시지 정보 스트림이 서로 다른 경로로 도착하여 순서가 뒤바뀌는 경우가 발생할 수 있으며, 비상 상황에 특정 메시지를 빨리 보내지 못한다. 향후 영상과 비디오 트래픽 등에서는 회선과 같이 실시간으로 전달하는 것이 필요하며, 메시지에 대한 투명성을 보장하고, 되도록이면 헤더 처리시간을 줄이는 것이 요구되는데 이를 위해서는 Flow 개념이 매우 중요하다. 특히 인터넷 사업자의 비즈니스를 지원하기 위해서는 동일한 네트워크 상에 가입자 그룹별, 응용 서비스별, 메시지 흐름별로 차등적인 대역할당이나 트래픽 제어가 필요하기 때문이다.

셋째로 차세대 인터넷에서는 차등적인 서비스 품질에 따른 서비스 등급제를 도입하는 것이 매우 중요한데 이는 현재까지 제안된 인터넷 트래픽 제어방식을 이를 만족하지 못하기 때문이다. 먼저 Diffserv 서비

스 방식은 각 라우터에서 우선 순위 서비스를 하는 것으로, 이는 각 라우터 간의 별도의 정보교류 없이 우선 순위 서비스를 하여 종단간에 품질보장을 하지는 못하며, 특히 이러한 우선 순위 서비스에 대한 차등적인 과금이 불가능하기 때문에 실질적으로 공중망 등에 적용하기 곤란하다. 다음으로 Intserv 서비스 방식은 ATM 방식과 유사하나 연결경로에 대한 정보가 없이 목적지별로 별도의 버퍼링을 해야 하기 때문에 매우 복잡하고, 특히 과금을 위해서는 별도의 로직이 추가되어야 하기 때문에 경쟁력이 없다. 한편, ATM에서 서비스 품질제공은 가상 채널별로 완벽한 트래픽 제어 능력을 가져서 고품질의 비즈니스에 적합하기는 하나 짧은 버스트성 패킷 정보를 전달하는데는 부적합하다. 마지막으로 MPLS의 서비스 품질보장 방식은 상기한 IP 망과 ATM 망의 서비스 품질보장 방식의 장점을 취한 것으로 가입자 정보를 Flow라는 흐름 단위로 구분하여 여기에 서비스 등급을 제공하는 방식으로, 고품질의 서비스를 요구하는 가입자와 최소 수준의 서비스 품질을 요구하는 가입자를 모두 만족시켜 줄 수 있는 방식으로 평가되고 있다.

여기서 차세대 인터넷에서 MPLS 기술이 중요한 이유를 보면 다음과 같다. 첫째로 비즈니스 및 서비스 측면에서 Flow 개념을 통하여 고품질의 비즈니스 서비스와 일반 Best Effort 서비스를 동시에 제공가능하고 서비스 특성에 따라 우선 순위를 제공하는 것이 용이하기 때문이다. 둘째로 네트워크 구조 측면에서 연결형 서비스와 비연결형 서비스를 동시에 수용할 수 있으며, 라우팅 및 스위칭 구조에 관계없이 전달망 효율을 극대화 할 수 있다. 또한, 백본망과 액세스 망에 동시에 고품질 서비스를 적용할 수 있으며, 고 신뢰도 망의 구축이 가능하다. 또한, 패킷 방식이지만 회선에 물레이션 서비스가 가능하고, 이동 및 무선 서비스를 위한 위치관리 기능을 포함하여 이동 통신망 환경을

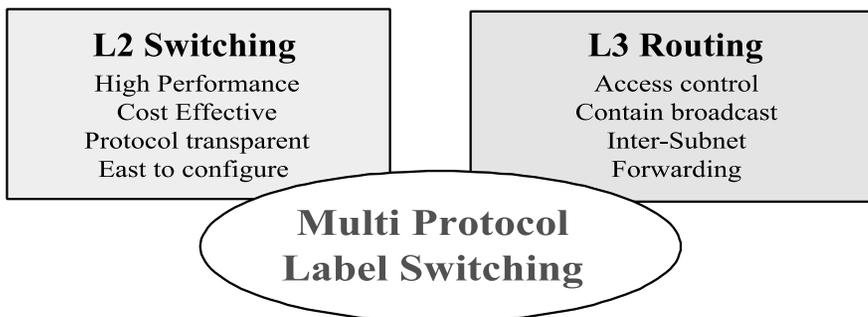


지원하기 용이하다. 그 밖에 가상 사설망에서 요구되는 일대다중 및 방송 분배채널 구성을 매우 효과적으로 할 수 있다. 셋째로 망 진화 측면에서 MPLS 기술은 다양한 유, 무선 전달 및 액세스 방식을 유연하게 수용할 수 있으며, 망의 리소스를 가장 효과적으로 제어 및 관리를 할 수 있다. 또한 다양한 무선 장비뿐만 아니라 하부의 광 네트워크 장비도 최적으로 운용할 수 있게 해준다. 넷째로 서비스 품질 및 성능 측면에서 멀티미디어 서비스와 Best Effort 서비스를 차등적으로 수용이 가능하고 트래픽 제어, 우선 순위 제어 및 대역할당 등에서 비용대비 최적의 성능특성을 제공할 수 있다. 또한 제한된 주파수 자원을 사용하는 무선채널 대역을 사용함에 있어서ダイナミック하게 대역을 제공할 수 있고 망 폭주시에 최적으로 트래픽을 제어할 수 있다. 다섯째로 망 효율 측면에서는 스트리밍 형태의 비디오 트래픽과 버스트 형태의 데이터 트래픽을 분리함으로써 전송 채널뿐만 아니라 스위칭 효율을 극대화할 수 있고 지연에 민감한 트래픽과 손실에 민감한 트래픽에 대하여 각기 최적의 경로를 찾아서 리소스를 할당할 수 있다.

상기한 특징으로 인해 차세대 인터넷의 전달방식으로 MPLS 기술을 가장 우선적으로 고려하고 있으며, 이는 특히, 유선 망뿐만 아니라 무선망을 통합하는 데 효과적인 기술로 평가되고 있다.

(그림 1)은 MPLS 기술의 주요 특징을 나타낸다. MPLS 기술은 보통 데이터링크 계층이라고 불리는 2 계층 프로토콜을 지원한다. 즉, ATM이나 프레임릴레이처럼 데이터링크 계층의 가상 채널이나 인터넷 스위치 등에 적용할 수 있다. 이를 통하여 저렴한 가격에 고성능의 스위칭 기능을 실현할 수 있고 상위에 IPv4든, IPv6든 어떠한 계층 3 프로토콜도 투명하게 전달이 가능하다. 한편, MPLS 기술은 IP 프로토콜과 같은 계층 3 프로토콜을 동시에 지원한다. 이를 통하여 기존 인터넷의 라우팅 프로토콜과 인터넷 서비스의 제공이 가능하다. 이와 같이 MPLS 프로토콜이 2 계층과 3 계층을 동시에 지원하는 이유는 계층 2 프로토콜은 캠퍼스 내에 LAN 스위치와 같이 고속으로 전송하고 상위 프로토콜에 관계없이 손쉽게 망을 구성할 수 있으나 대규모 망 구축은 불가능하다. 대규모 망을 구축하기 위해서는 라우터가 필요하다. 이러한 라우팅 프로토콜을 동시에 지원함으로써 대규모 망 구축이 가능하고, 동시에 기존에 인터넷에서 사용하는 모든 응용 서비스를 그대로 수용이 가능하기 때문이다.

일반적으로 라우터의 주요 기능과 성능은 입력되는 패킷의 목적지를 찾은 후에 이를 전달하는 기능으로 패킷 헤더를 분석하여 목적지에 해당하는 출력포트를 테이블에서 얼마나 빨리 찾느냐 하는것이 바로 라우터의 성능이기 때문에 이러한 포워딩 성능을 개선하기

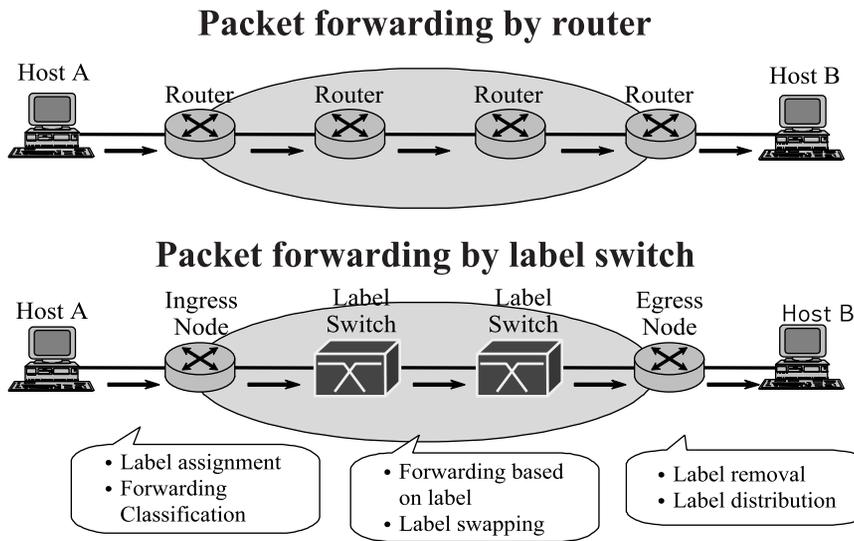


(그림 1) L2 스위칭과 L3 라우팅 통합을 위한 MPLS 기술

위해서는 라우팅 테이블을 빨리 검색하는 것이 매우 중요하다. 라우터 내에 이러한 검색 테이블이 많을 경우에는 5만개에서 20만개에 이르는 경우도 있어서 이러한 테이블 검색을 빨리하는 것이 매우 중요하다. 따라서 MPLS 프로토콜에서는 송신지와 목적지 간에 빈번하게 패킷을 전달하는 경우에는 사전에 신호 프로토콜 등을 통하여 이를 빨리 전달하기 위한 라벨 번호를 각 라우터에서 약속을 하면 입력된 패킷이 라벨을 가지고 들어올 경우 보다 세부적으로 포워딩 테이블을 분석하지 않고 라벨 번호만 보고 바로 출력 포트로 전달하는 기능을 하는 것이다. 물론 모든 가입자가 이와 같이 패킷을 보낼 때마다 라벨을 사용하면 목적지 주소를 가지고 포워딩을 하는 것과 라벨을 가지고 포워딩을 하는 것의 성능의 차이가 거의 없어지지만 일반적으로 스트림 형태의 트래픽만 라벨을 사용하여 전달한다면 라우터의 성능은 대폭 개선할 수 있으며 이것이 바로 L2 스위칭 기능이다. 그런데 라우터 간의 라벨 사용에 대한 약속이 틀렸거나 라벨 사용시간이 종료가 되어서 테이블에서 삭제가 되었을 경우에는 라우

터는 라벨에 의존하지 않고 일반적인 라우터 같이 패킷 헤더에서 목적지 주소를 확인한 후 포워딩을 한다. 이와 같이 MPLS 라우터는 일반적인 라우터와 기능이 동일하면서 동시에 스트림 형태나 실시간 형태 서비스를 위해 양쪽 종단 간에 신호 프로토콜에 의해 라벨을 사용할 것을 약속하면 라우터처럼 전달하지 않고 일반 ATM 스위치처럼 포워딩을 하기 때문에 보다 고속으로 전달할 수가 있고 ATM과 같이 대역할당과 제어기능을 가질 경우에는 협약에 따라 10Mbps 든 50Mbps 든 종단간에 협약된 전달속도를 제공할 수가 있다. 이는 라우터 형태로 포워딩을 하면 전달속도를 보장을 못하는 반면에 MPLS 프로토콜과 ATM의 대역 제어 기능을 동시에 사용을 하면 종단간에 원하는 속도를 보장받을 수가 있다.

여기서 MPLS와 일반 라우터의 포워딩 방식을 비교하면 (그림 2)와 같다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 기본적으로 패킷을 전달하는 절차는 일반 라우터나 MPLS 스위치나 큰 차이가 없다. 그러나 MPLS는 입력에 라벨을 사용하여 사전에 약속을 하기 때문에 사



(그림 2) 라우터와 MPLS 스위치의 포워딩 방식의 비교



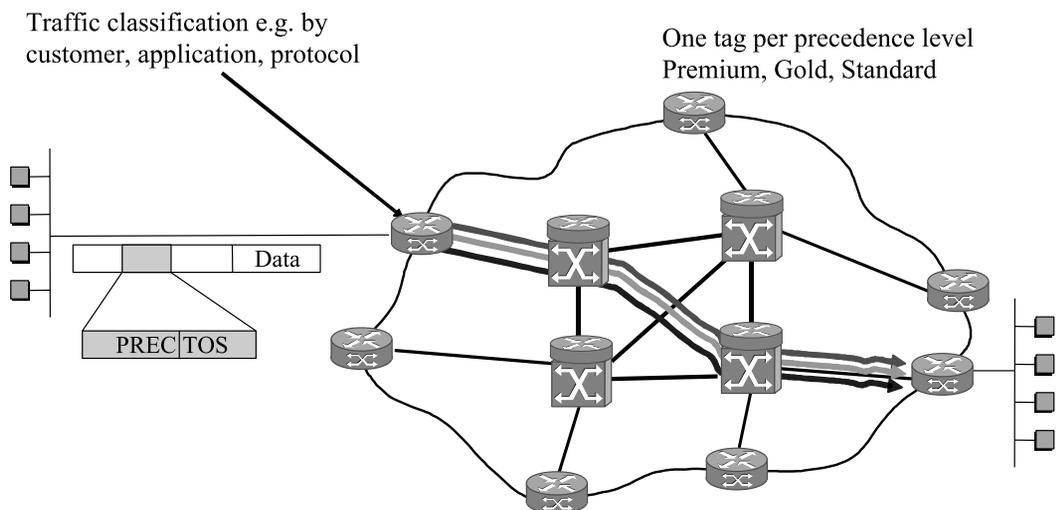
용자가 원하는 서비스 유형에 따라 서비스 등급 및 대역을 할당할 수가 있고 이를 일반 ATM이나 프레임 릴레이 등과 같은 다양한 물리 선로와 스위치의 성능에 따라 포워딩을 하기 때문에 사용자가 원하는 품질을 제공할 수가 있다.

다음으로 MPLS 기능은 기존의 Virtual LAN 등에서 사용하는 가상 랜 서비스 개념을 글로벌 망에서 실현할 수가 있다. (그림 3)처럼 패킷을 전달할 때 신호 프로토콜의 약속에 의해 라벨을 부착을 하는데 라벨의 등급을 나눌 수가 있다. 따라서 라우터는 입력된 패킷을 분석할 때 라벨이 premium급이면 해당 프리미엄 서비스가 약속한 대역을 제공하도록 전달을 한다. 이러한 라벨을 사용하는 약속은 가입자와 망 사업자 간에 서비스 등급과 응용 서비스 형태에 따라서 약속을 하게 되는데 신호 프로토콜을 통하여 가입자가 요청을 하면 망 사업자는 이러한 프리미엄 서비스를 위해 망 리소스를 적절하게 제공을 하며, 대신에 해당 신호 메시지를 과금을 하기 위한 정보로 사용하여 적절한 요금을 청구할 수 있다.

이와같이 망에서는 보다 차등적인 서비스를 받기를

원할 경우에는 가입자와 요청과 수락이라는 형태의 계약절차를 취하지 않고는 적절한 과금을 할 수가 없다. 이는 기존에 인터넷에서 Diffserv라는 차등적인 서비스 방식이 실질적으로 망에서 사용할 수 없는 이유가 이러한 요청과 수락이라는 협약절차를 통하여 과금을 할 수 있는 수단이 없기 때문에 과금기능이 필요없는 곳에서 차등적인 서비스를 실현하기 위해 Diffserv 방식을 사용할 수는 있으나 실질적으로 요금을 받는 공중망에서는 적용하기가 불가능하기 때문이다.

그밖에 MPLS 라우터는 이동망처럼 가입자가 한 무선 액세스 지점에서 다른 지점으로 이동을 할 때 중단 없이 서비스가 지속되기 위해서는 일정 기간 채널을 기존 액세스 지점과 신규 액세스 지점의 2군데에서 동시에 패킷을 전달 받을 수 있도록 하는 것이 단말기나 무선 액세스 장비에 부담을 주지 않고 패킷 손실을 줄이는 가장 효과적 방법이다(이를 일명 smooth handover라고 한다). 이러한 동시에 2개 가상 채널을 MPLS 프로토콜에서는 손쉽게 지원을 하고 handover가 완료되었을 때는 입력된 패킷의 라벨을 확인하여 포워딩하는 경로에 우선 순위를 가지고 있어



(그림 3) MPLS의 차등적인 우선 순위 서비스 개념

새로운 무선 액세스 지점을 통하여 패킷을 보낼 수가 있다. 즉, 무선/이동 인터넷 환경에서 서비스의 중단이나 패킷 손실이 없이 가장 효과적으로 포워딩하는 수단을 제공할 수가 있다.

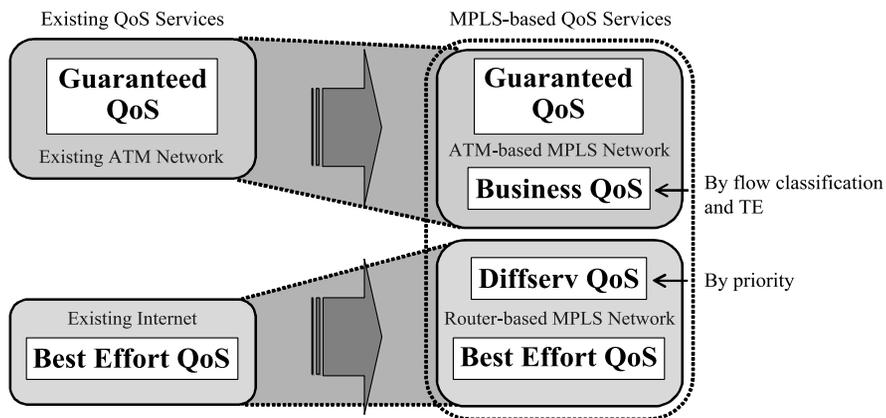
한편, 이와같이 라벨을 할당하는 방식이 신호 프로토콜처럼 사용자의 on-demand 형태의 요청시에만 하는 것이 아니라 망 운영관리를 위해서나 또는 사용자가 여러 가입자 간에 일정 기간 적절한 가상 사설망의 구축을 요청하는 경우에는 네트워크 운영자가 이를 망 관리센터에서 이를 바로 해당 MPLS 라우터에 망 구성을 지시할 수 있다. 또 다른 방식은 가입자가 신호 절차를 통하여 패킷을 보내지는 않으나 망 운영자가 망의 효율적인 운용을 위해서 특정 서버나 특정 목적지로 향하는 패킷을 일부 통제하고 효과적으로 관리하기 위해서는 망 내부에서 가입자와 관계없이 라벨을 부착해서 해당 응용 서버를 향하는 트래픽의 폭주를 막으면서 최적으로 관리를 할 수가 있다.

이와같이 MPLS 라우터는 기존 전송장비나 2계층 스위치 장비의 성능을 최적으로 운용하고 망의 트래픽을 제어하고 차등적인 서비스 품질을 제공할 수가 있어서 기존 라우터가 필요한 최적의 지능을 가지고 망을 운용할 수 있는 가장 효과적인 진화형태라고 할 수

있다.

따라서 상기한 MPLS 방식과 ATM 트래픽 제어방식을 결합하면 가장 효과적으로 서비스 품질을 제공할 수가 있다. 즉, 가입자가 특정한 대역 또는 서비스 등급을 요청할 경우에는 망 사업자는 이를 수락하고 라벨 번호를 알려준다. 그러면 사용자는 할당된 라벨을 부착하여 전달을 하면 ATM의 트래픽 제어기능으로 적절한 대역을 제공하고 망 사업자는 이를 과금의 근거자료로 활용할 수가 있다. 한편 망에서 Diffserv를 지원하는 라우터를 보유하는 경우에는 사용자가 특정한 서비스 등급을 요청을 하며, 이를 수락하고 라벨 번호를 알려 주면, 해당 라벨을 가지고 입력되는 트래픽은 비록 서비스 품질을 보장받지는 못하지만 Diffserv 등과 같은 차등적인 대역 서비스를 받을 수는 있다. 즉, 여기서 Diffserv만 지원하는 라우터 망이라고 하더라도 MPLS 프로토콜을 결합할 경우에 차등적인 서비스 등급에 따른 비즈니스 모델의 개발이 가능하다. 즉, Diffserv 단독으로는 실질적인 망에 적용을 못하지만 MPLS 기술과 결합을 하면 실질적으로 과금을 할 수 있는 서비스가 가능하다.

이와같이 MPLS 기술을 적용함으로써 다양한 서비스 등급을 제공할 수가 있는데 (그림 4)는 MPLS 망에



(그림 4) MPLS에서 서비스 품질등급

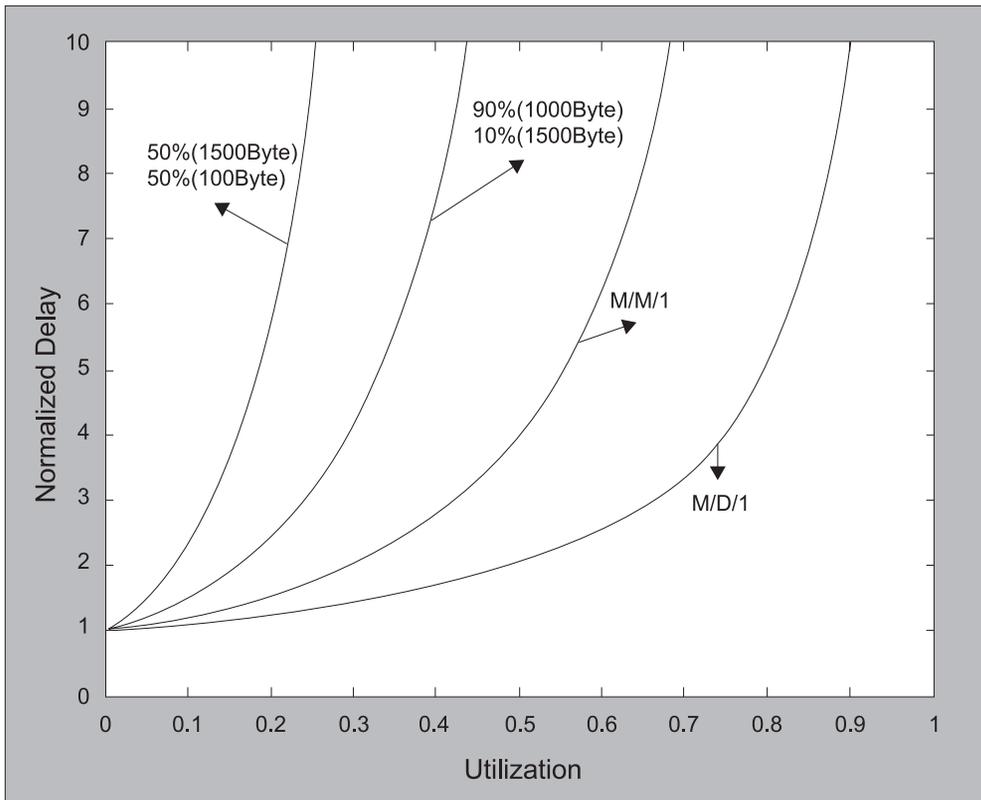


서 제공가능한 서비스 등급을 나타낸다. 먼저 현재의 IP 망은 Best Effort 서비스라서 어떠한 형태의 서비스 등급을 제공하는 기능이 없다. 반면 ATM은 Hard QoS와 같이 가상 채널단위와 완벽한 서비스 품질을 보장한다. 여기에 MPLS 기술을 적용하는 경우에 먼저 Best Effort 서비스는 Diffserv와 결합하여 차등적인 Diffserv QoS를 제공할 수 있으며, 이는 해당 가입자 트래픽에 대하여 우선 순위를 제공함으로써 가능하다. 가입자와 망 간에 우선 순위에 대한 협약을 최초 가입시에 하거나 MPLS 신호 프로토콜 등을 통하여 On-demand 형태로 우선 순위 서비스를 요청할 수 있다. 다음으로 ATM의 Guaranteed QoS는 가입자가 요청한 특정한 패킷 흐름이나 특정 기간 동안에만 한

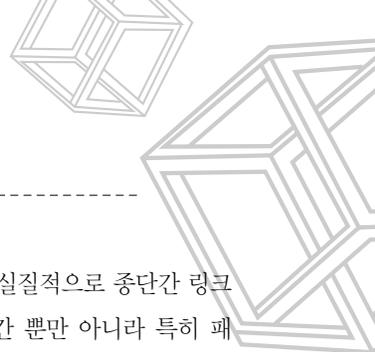
정적으로 사용하는 비즈니스 QoS를 제공하여 다양한 서비스 품질을 제공할 수 있다. 특히, 영상 트래픽이나 특정 응용서비스 등에 대하여 라벨을 부착함으로써 해당 서비스 품질을 제공받을 수 있다.

3. 현 인터넷 망의 성능특성 및 성능특성 유지방안

(그림 5)는 라우터에 연결된 단일 링크에서 패킷 길이 분포에 따라 전달 지연시간 특성을 보여준다. 그림에서 M/D/1은 패킷 길이가 ATM처럼 일정할 때 부하 특성을 나타낸 것으로 링크 부하가 80% 정도에서 평



(그림 5) 패킷 길이에 따른 전달 지연시간 특성 비교



균 지연시간이 5배 정도 증가한다. 이는 패킷 형태로 망에 트래픽을 전송할 때 가장 우수한 성능특성을 갖는다. 즉, 망에서 전송효율 및 교환효율을 최적화시키기 위해서는 패킷 길이가 일정할 때 가장 우수한 성능을 갖는다. 다음으로 M/M/1 그래프는 패킷의 평균 길이와 길이 편차가 같을 때로 M/D/1보다 2배 정도 지연이 발생한다. 이는 일반적으로 입력되는 패킷이 서로 관계가 없다고 가정할 때 가장 많이 나타나는 성능 특성 그래프이다.

다음으로 최근 국내의 인터넷 트래픽은 100 옥텟 미만이 90%이고, 최대 크기인 1500 옥텟이 10%로 나타나고 있으므로 이에 대한 성능 특성을 보면 다음과 같다. 이 경우 평균 링크 부하가 약 30% 정도에서 5배 이상의 전달지연이 발생된다. 여기서 30% 부하인 경우에 망이 안정된 상태에서는 약 1% 미만의 링크 손실이 발생되나 각 사용자가 트래픽을 버스트하게 전달하는 경우에는 안정된 상태라고 하더라도 5% 이상의 링크 손실이 나타날 수 있다. 그러나 최근에 국내 인터넷 망에서 개인들 간에 p2p 서비스가 전체 트래픽 양의 50%를 육박하는 상황으로 가고 있으므로 이를 근사적으로 상기한 그림에서 100 옥텟 미만이 50%, 그리고 1500 옥텟이 50%를 차지할 경우라고 가정하면 링크 부하가 20% 미만에서도 망의 전달지연 특성은 심각한 상황이 되며, 특히 p2p 트래픽이 대용량 파일을 다운로드 받는 것과 같은 버스트 성향이 나타날 경우에는 20% 이하 링크 부하라고 하더라도 링크의 패킷 손실은 5% 이상이 되게 된다. 특히, 일부 사용자가 채널을 독점하게 되면 다른 사용자는 한동안 단 한 개의 패킷도 보내지 못하는 상황이 발생한다.

더욱 심각한 상황은 상기한 (그림 5)는 PC 등이 라우터에 직접 연결된 단일 홉에 대한 성능특성을 보여준 것이다. 따라서 국내에서 대부분 가입자 종단간 홉 수가 5홉 이상이 되므로 이 경우에는 상기한 특성

이 증첩되어 나타나게 되므로 실질적으로 종단간 링크 부하가 10%만 되어도 지연시간 뿐만 아니라 특히 패킷 손실율은 매우 커지게 된다. 따라서 종단간에 패킷 손실을 보상하기 위해서는 단말 PC에서 버퍼링이나 여러 복원절차가 없는 경우에는 사실상 제대로 정보전달이 불가능한 상황이 된다.

상기한 상황은 앞으로 오디오나 비디오 트래픽과 같은 멀티미디어 서비스가 본격적으로 보급되면 더욱 악화될 위험성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 MPLS 기술을 적용한다고 하더라도 다음과 같은 대책이 필요하다. 첫째로 여러 가입자가 공유 허브나 동일한 스위칭 장비를 사용할 경우에는, 대용량의 파일이나 방송영상과 같은 트래픽을 보낼 때는 주어진 대역을 전부 사용하지 못하도록 대역제어를 해야 한다. 이를 위해서는 가입자당 전송가능한 최대 대역폭을 제한해서 균등한 사용을 유도해야 한다. 그렇지 않으면 일부 가입자는 한동안 트래픽을 전혀 보내지 못할 가능성이 있다. 둘째로 망 내부에서는 비디오나 파일 같은 대용량 트래픽을 100 옥텟 미만은 일반 트래픽과 섞이지 않도록 해야 한다. 이를 통합하여 전송 및 라우팅하는 경우에는 상기한 (그림 5)와 같이 패킷 간에 편차가 커져서 MPLS로 트래픽 대역을 제한한다고 하더라도 해당 채널의 효율은 매우 나빠지기 때문이다. 특히, 멀티 홉으로 연결될 경우에는 특히 트래픽이 섞이지 않도록 주의해야 하고, 이를 막으려면 되도록 cut-through 링크를 구성하여 종단간 홉 수를 줄여야 한다.

셋째로 되도록 패킷 길이를 일정하게 유지해야 한다. 즉, 가입자가 패킷 길이를 일정하게 유지하는 장치를 부착하면 이에 따른 요금절감 혜택이나 추가 대역폭을 할당해 주는 것과 같은 방안이 필요하다. 또는 특정 링크 구간에 대역효율을 위해서 패킷을 일정한 길이로 분할한 후에 다시 재조합하는 작업이 필요하다.



넷째로 방송채널이나 장기간 채널을 점유해야 하는 채널의 경우에는 사전에 우선 순위를 가지고 대역을 미리 할당할 필요가 있다. 이러한 장기간 운용을 요하는 채널이라고 하더라도 별도의 전용선을 구축하는 것보다 우선순위를 가지고 통합하는 것이 운용 비용이나 신뢰도 측면에서 보다 효과적이기 때문이다.

4. 국내 MPLS 기술표준화 동향

상기한 MPLS의 장점을 국내 인터넷 망에 실현하기 위해 지난 2년간 <표>와 같은 표준안이 국내 단체표준안으로 승인되었으며, 현재 국가 표준안을 위해 상정된 상태에 있다.

먼저 MPLS 망 구조 표준(TTAS.IF-RFC3031/R1)은 MPLS 망을 구축하기 위한 기본적인 사항을 포함하고 있다. 먼저 MPLS 망의 기본 구조와 라벨을 통하여 연결 경로를 개설하는 방법, 라벨 할당하는 원칙 등에 대하여 기술하고 있다. 이는 MPLS 프로토콜을 사용하여 망을 구축하는 방법을 기술하고 있으며, 여기에 라벨을 사용하여 가상 채널을 설정하는 방식과 서비스 등급에 따라 차별적인 서비스 품질을 제공하는 내용을 포함하고 있다. 또한, 서비스 품질에 따라 효과적인 라우팅을 하기 위해서 constraint-based 라우팅 방식을 포함한다.

둘째로 라벨 분배 프로토콜과 ATM 가상 채널을 사

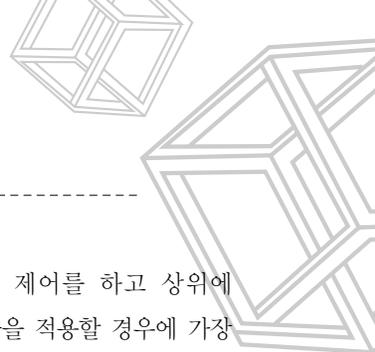
용한 MPLS 표준 (TTAS.IF-RFC3035)는 ATM 망에서 라벨 할당 프로토콜을 어떠한 형태로 기능해야 하는지를 VPI/VCI를 사용하여 MPLS의 라벨 정보를 어떻게 전달해야 하는지를 규정하고 있다. 이는 ATM 스위치에서 LDP 프로토콜을 사용하여 가상 채널을 개설하기 위해서 필수적인 규격이다. 특히, ATM의 트래픽 제어기능을 LDP의 신호기능과 결합을 하면 가상 채널에 다양한 서비스 품질을 제공할 수가 있다.

셋째로 라벨 분배 프로토콜 규격(TTAS.IF-RFC3036)은 MPLS 망에서 가상 채널을 연결하는 신호 프로토콜 기능에 해당한다. ATM 신호 프로토콜과 차이가 나는 것은 ATM은 ATM 주소를 기반으로 종단간에 가상 채널을 구성하지만 LDP 프로토콜은 IP 주소를 기반으로 하여 종단간에 가상 채널을 구성한다는 것이다. 여기서 중요한 것은 LDP 프로토콜에서 전달하는 주요 트래픽 변수는 ATM 신호 프로토콜에서 제공하는 트래픽 변수와 거의 유사하여, ATM 신호 프로토콜과 LDP 프로토콜은 상호 접속이 매우 용이하다는 사실이다. 이는 LDP 프로토콜은 ATM 망과 접속할 경우에 대역제공이나 성능변수를 교환하기가 용이하다는 것이다.

넷째로 LDP를 사용한 Constraint 기반 라벨경로 규격(TTAS.IF-RFC3212)는 일반 라우터에서 LDP를 사용하여 가상 채널을 구성하면 동일한 목적지를 향하는 트래픽은 항상 동일한 경로를 따라가도록 하기 위한 규격이다. 이는 기존의 라우터가 동일한 목적지라

<표> 국내 MPLS 관련 주요 표준

번호	표준안	분야
1	Multiprotocol Label Switching Architecture(RFC 3031/R1)	망 구조 및 물리적 접속
2	MPLS using LDP and ATM VC Switching(RFC 3035)	신호 및 라우팅 프로토콜
3	LDP Specification(RFC 3036)	신호 및 라우팅 프로토콜
4	Constraint-Based LSP Setup using LDP(RFC 3212)	신호 및 라우팅 프로토콜
5	MPLS Label Stack encoding(RFC 3032)	QoS/CoS 등급 및 Flow 라벨 할당
6	LDP State Machine(RFC 3215)	신호 및 라우팅 프로토콜



고 하더라도 트래픽의 상황에 따라 경유하는 경로가 달라질 수가 있다. 그런데 이로 인해 수신단에서는 도착하는 메시지의 도착 순서가 달라져서 결국은 패킷을 폐기하는 형태가 발생하는데 이는 실질적으로는 패킷이 중간에 없어지는 것보다 못한 결과를 초래한다. 따라서 신호 프로토콜을 사용하여 경로를 설정하면 MPLS 라우터는 트래픽들을 망의 폭주상태와 관계없이 동일한 경로를 통하여 전달하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서는 동일한 목적지를 향하는 경로가 여러 개가 있다고 하더라도 Routing Pinning이나 Preemption 기능을 통하여 동일한 경로를 따라가도록 규정을 할 필요가 있어서 상기한 규격이 필요하게 되었다. 이러한 기능은 이동하는 환경에서도 매우 중요하다.

다섯째로 MPLS 라벨 스택 할당방식 규격(TTAS.IF-RFC3032)은 MPLS 가상 채널을 설정할 때 이에 대한 라벨 번호를 할당하는 방식을 규정한다. 이는 사업자에 따라 서비스 등급, 품질이나 응용서비스 등에 따라 라벨 할당하는 원칙을 만들 수 있다. 특히, 패킷 크기가 잘못되었거나 헤더가 처리하기 곤란한 라벨을 전달할 때 이에 대한 오류를 발견하여 소스 측에 알려주는 기능이 필요하다. 그밖에 전용선이나 LAN 등을 통하여 패킷을 전달할 때 라벨을 할당하는 원칙을 규정한 것이다.

마지막으로 LDP 상태 머신 규격(TTAS.IF-RFC3215)은 지금까지 많은 신호 프로토콜을 개발하면 상호호환성에 많은 문제점이 발생하여 상호접속에 많은 어려움을 겪었다. 이러한 문제를 해결하고자 LDP 프로토콜에서는 LDP 프로토콜이 구동되는 모든 상태에 대한 동작 규정까지 표준화 함으로써 이러한 상호접속상의 문제점을 해결할 수 있다.

상기한 6개의 규격으로 국내에서 MPLS 망을 구축하기 위한 기본 규격은 완성되었다고 볼 수 있다. 특

히, ATM 기반으로 트래픽 제어를 하고 상위 LDP/CR-LDP 신호 프로토콜을 적용할 경우에 가장 안정되고 효과적인 서비스 품질보장이 가능한 인터넷 망을 구축할 수 있다.

5. CR-LDP 신호 프로토콜 채택 배경

현재 IETF에서는 북미 지역의 라우터 벤더의 영향으로 MPLS 망에 RSVP-TE를 단일 표준으로 사용하기로 결정을 하였다. 그러나 이러한 RSVP-TE를 국내 MPLS 망에 도입하는데는 다음과 같은 문제점이 있다.

첫째로 현재 운용되고 있는 대부분의 라우터는 가입자 단위로 트래픽 제어기능을 가지고 있지 않다. 또한 가입자 관리정보를 각 라인 카드별로 분산되어 있지 않고 라우터의 포워딩 엔진에 집중화된 형태로 구현하는 것은 가입자 수가 많아지면 매우 곤란하다. 따라서 가입자 관리를 효과적으로 하기 위해서는 집중화된 라우터 구조보다는 라인 카드별로 분산되어 있는 구조가 적합한데 이를 위해서는 스위치 구조가 효과적이다.

둘째로 라우터 구조에서는 Diffserv와 같이 서비스 등급에 따라 트래픽 제어기능이 부분적으로 구현이 가능하나 완벽하게 처리하기가 힘들다. 왜냐하면 망 폭주가 발생되었을 경우 동일한 서비스 등급에 대하여는 가입자 단위로 공평하게 처리를 해야 하는데 이를 위해서는 각 입력단별로 가입자 상태정보가 필요한데 현재 라우터 구조에서는 이를 수용하기가 매우 어렵다. 특히, 시스템의 상태가 정상상태에는 문제가 크지 않으나 과부하 상태에서는 시스템의 안정성이 크게 문제가 되기 때문이다.

셋째로 RSVP-TE는 기본적으로 Routing 기능과 밀접하게 연관이 되어서 In-band 신호방식이 효과적



이다. 이러한 In-band 방식은 가입자 구간이나 캠퍼스 망과 같은 소규모 망에는 적절하나 대규모 백본망에는 적절하지가 않다. 왜냐하면 고속의 광 케이블을 사용한 망에서 각 인터페이스별로 경유하는 트래픽 중에서 신호 패킷이 있는지 여부를 감시하고, 이를 별도로 분석을 하는 것은 성능상에 많은 문제점을 가지게 된다. 이 경우 out-of-band 신호방식이 가장 효과적인데 현재의 라우터 구조에서는 RSVP-TE 프로토콜을 효과적으로 out-of-band로 처리할 수가 없다.

넷째로 서비스 품질의 제공은 각 인터페이스의 전송 성능 특성과 매우 밀접한 관계를 갖고 있다. 그러나 현재 라우터는 각 인터페이스에 대한 정보는 가지고 있지 않기 때문에 효과적으로 성능을 제공할 수가 없고 특히, 각 라우터의 성능과 부하조건이 서로 상이한 상태에서는 종단간의 서비스 품질을 보장할 수가 없다.

다섯째로 종단간에 서비스 품질을 보장하기 위해서는 각 경유되는 라우터에서 해당 채널에 대한 성능이 일정하게 유지되어야 한다. 그런데 현재까지 구현된 대부분의 라우터에서 RSVP-TE 프로토콜을 통한 대역 제어기능은 Per-Hop Behavior 형태로, segment 단위로 hand-shaking을 하도록 구현이 되어서 한 인터페이스에 할당된 대역이 경유하는 다른 라우터의 해당 인터페이스에서 할당하는 대역과 관계없게 되었다. 이러한 특성은 end-to-end 신호 프로토콜을 통하여 종단간에 품질을 보장할 수가 없다. 따라서, 현재 라우터 망 기반에서는 RSVP-TE 프로토콜을 사용한다고 하더라도 종단간의 품질을 보장할 수가 없다.

여섯째로 RSVP-TE는 IP 위에 직접 탑재가 되기 때문에 IP 링크에 발생하는 손실을 막을 수가 없다. 즉, RSVP-TE 패킷의 손실율과 전송지연 시간은 일반 다른 패킷과 동일하게 많으면 20% 이상의 손실이 발생되게 되는데 이는 전송대역을 할당하는 절차가 안정되게 구동이 되도록 TCP에서와 같은 재전송 절차를

내부에 가져야 하며, 이는 TCP 위에 탑재하는 CR-LDP보다 훨씬 복잡해지고 특히, 한 개의 인터페이스에 많은 수의 LSP 채널이 개설된 경우에는 각 채널마다 RSVP-TE 메시지가 별도로 교환되고 주기적으로 전송되어야 하기 때문에 개설된 채널 수가 많아지면 CR-LDP보다 훨씬 성능이 떨어지게 된다.

일곱째로 현재까지 개발된 장비 중에 트래픽 제어를 가장 효과적으로 하는 장비는 ATM 교환 장비이다. 이는 RSVP-TE나 CR-LDP 프로토콜은 신호 프로토콜이기 때문에 프로토콜 자체에서 트래픽 제어나 서비스 품질을 보장하는 기능은 없다. 따라서 MPLS 망에서 서비스 품질을 보장하기 위해서는 장비 내부에 트래픽 제어기능을 가져야 하는데 라우터 장비는 이러한 기능이 없다. 따라서, MPLS 망에서 서비스 등급에 따라 효과적으로 트래픽 제어를 하기 위해서는 2계층에 트래픽 제어가 가능한 ATM 링크를 사용하는 것이 가장 효과적이다. 그러나 RSVP-TE는 기본적으로 링크계층을 고려하지 않고 IP 계층에서 라벨을 바인딩하는 작업을 하기 때문에 트래픽 제어를 위해서 효과적으로 사용할 수가 없다.

따라서 상기한 여러 이유로 인해 MPLS 망의 효과를 극대화하기 위해서는 트래픽 제어가 가능한 ATM 링크에 MPLS 신호 프로토콜을 탑재해야 하며, 프로토콜로는 ATM과 같은 2계층 인터페이스 정보를 효과적으로 수용할 수 있는 CR-LDP 프로토콜이 보다 효과적이다.

6. 결론

지금까지 MPLS 기술에 대한 주요 내용과 국내에서 차세대 인터넷을 위해 제정된 주요 MPLS 표준화 배경에 대하여 설명하였다.

이러한 표준은 향후 차세대 네트워크의 서비스 품질 보장을 통한 새로운 비즈니스 모델을 발굴하는데 매우

중요한 인프라를 제공할 것이며, 이를 통하여 세계에서 가장 효과적인 망을 구축할 수 있을 것이다. **TTA**

