

碩士學位請求論文

ATM/인터넷 통합망 구축을 위한
MPLS 기술 분석

MPLS Technology Analysis for Integration
of ATM and Internet

仁川大學校 情報通信大學院

뉴 미디어 專 攻

金 榮 彦

1999年 12月 日

碩士學位請求論文

ATM/인터넷 통합망 구축을 위한
MPLS 기술 분석

MPLS Technology Analysis for Integration
of ATM and Internet

仁川大學校 情報通信大學院

뉴 미디어 專 攻

金 榮 彦

1999年 12月 日

碩士學位請求論文

ATM/인터넷 통합망 구축을 위한
MPLS 기술 분석

指導教授 楊 薰 根

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

1999年 12月 日

仁川大學校 情報通信大學院

뉴 미디어 專攻

金 榮 彦

金榮彦의 碩士學位論文을 認准함

1999年 12月 日

審査委員長_____ (印)

審査委員_____ (印)

審査委員_____ (印)

仁川大學校 情報通信大學院

목 차

| | |
|---------------------------------|-----|
| 그림목차 | ii |
| 표목차 | ii |
| 국문요약 | iii |
| | |
| I. 서 론 | 1 |
| | |
| II. MPLS 기술의 구조와 특성 | 3 |
| 1. MPLS의 개념 | 3 |
| 1) 레이블 교환 | 5 |
| 2) 레이블 할당과 전달 | 7 |
| 3) 레이블과 패킷 흐름의 매핑 | 9 |
| 4) 레이블 헤더와 스택 | 11 |
| 5) 순환경로의 검출과 방지 | 12 |
| 2. MPLS 표준화 동향 | 13 |
| 1) LDP 규격 | 14 |
| 2) 트래픽 엔지니어링, QoS, VPN 과제 | 15 |
| 3) MPLS 도입시의 문제점 | 15 |
| | |
| III. MPLS 기술 비교 분석 | 17 |
| 1. 기존방식과 MPLS 비교 분석 | 17 |
| 1) Classical IPOA 모델과의 비교 | 17 |
| 2) 기존 라우터의 비교 | 21 |
| 2. MPLS 개발모델 비교 분석 | 23 |
| 1) IP 스위칭 | 23 |
| 2) 태그(Tag) 스위칭 | 26 |
| 3) CSR | 29 |
| 4) 각 모델 비교 분석 | 31 |
| 5) MPLS 기술의 장점 | 33 |
| | |
| IV. MPLS 기술을 적용한 응용 모델 | 35 |
| 1. ISP 망의 고속 IP 백본 노드 | 35 |
| 2. 기업의 인트라넷/익스트라넷 | 38 |
| 3. 초고속 정보통신망 | 38 |
| | |
| V. 결 론 | 43 |
| | |
| 참고문헌 | 45 |
| 영문초록 | 47 |

그림 목차

| | |
|--|----|
| Fig. 2-1. Comparison of IP routing and IP switching | 5 |
| Fig. 2-2. Label swapping of LSR | 6 |
| Fig. 2-3. Ordered label distribution | 9 |
| Fig. 2-4. MPLS label header | 11 |
| Fig. 2-5. Example used for label stack | 12 |
| Fig. 3-1. Processing of IP registration and address resolution of IPOA | 19 |
| Fig. 3-2. Comparison of path establishment of IPOA and MPLS | 20 |
| Fig. 3-3. Comparison of router and MPLS | 21 |
| Fig. 3-4. Packet stream and VC binding | 24 |
| Fig. 3-5. Operation of IP switch | 25 |
| Fig. 3-6. IP traffic and VC binding | 27 |
| Fig. 3-7. Operation of Tag switch | 28 |
| Fig. 3-8. Operation of CSR | 31 |
| Fig. 4-1. ISP backbone network by IP switch | 35 |
| Fig. 4-2. Internet backbone network by ATM switch | 36 |
| Fig. 4-3. MPLS model of Cisco | 37 |
| Fig. 4-4. Intranet network by ATM | 38 |
| Fig. 4-5. KII network by MPLS | 40 |

표 목 차

| | |
|--|----|
| Table 2-1. Comparison of ATM and IP | 4 |
| Table 2-2. Mapping types of packet stream | 10 |
| Table 3-1. Comparison of IPOA and MPLS | 18 |
| Table 3-2. Comparison of IP router and IP Switch | 22 |
| Table 3-3. Comparison of MPLS models | 32 |
| Table 4-1. KII major plan | 39 |

국 문 요 약

본 연구에서는 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기반에서 인터넷을 통합하여 멀티미디어 서비스를 제공하는 방안에 있어서 MPLS(Multi-protocol Label Switching) 기술을 사용하는 방법과 classical IPOA(IP over ATM), IP(Internet Protocol) 라우터 등 기존 방식을 비교 분석하였다.

ATM 상에서의 인터넷 연동에 대해 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 정의한 최초의 기술로서 전통적 오버레이 모델인 classical IPOA 기술이 있지만, 이 기술은 확장성 문제에 있어서 ATM 네트워크의 연결관리 능력과 연결 네트워크 수 및 ATM ARP(Address Resolution Protocol) 서버 용량과 같은 요소에 의해 망 확장성에 제한을 받으므로 대규모 인터넷 망에는 적용이 불가능할 것으로 판단된다. 또한, IP 라우터 방식은 빠른 비율로 실행속도와 용량을 확대하고 있지만, 인터넷의 괄목할만한 성장에 따른 사용자들의 더 큰 대역폭에 대한 요구를 충족시킬 수 없을 것으로 생각된다.

MPLS 기술은 IP 계층에서 홉대홉 ATM 링크의 설정 및 해제를 제어하므로, IP의 비연결형 특성은 유지하고, ATM의 QoS(Quality of Service) 보장, 멀티캐스팅 및 고속 셀 스위칭을 이용한 ATM 계층에서의 IP 패킷의 고속 스위칭이 가능하다. 따라서 기존 IP 라우터에 비해 IP 패킷의 처리 속도가 훨씬 빠르고, 기존의 IPOA 모델에 비해 IP의 전달을 위한 메카니즘이 매우 단순하고 구현이 용이하기 때문에 전통적인 IP 라우터 설계나 다른 인터넷/ATM 연동의 접근방식에 비해 이점이 많은 것으로 판단된다.

분석 결과 MPLS 기술은 비록 본질적으로 ATM 상에서 IP 서비스를 제공하기 위해 고안된 기술은 아니지만, 빠르게 WAN(Wide Area Network)과 공중통신망에서 ATM/인터넷 통합방안으로 대두되고 있고 우수한 성능과 연속 동작능력, 확장성을 가지고 있으며, 또한 데이터 통신망에 네트워크 조정 및 트래픽 관리기법 등 강력한 네트워크 트래픽 엔지니어링 도입이 가능하므로 인터넷/ATM 통합망 구축에 가장 적합한 것으로 판단된다.

I. 서 론

인터넷 사용자와 호스트의 증가 그리고 다양한 멀티미디어 서비스의 등장은 IP(Internet Protocol) 트래픽의 폭발적인 증가를 초래하여, 다양한 트래픽 특성을 갖는 서비스에 대한 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 있는 네트워크 플랫폼을 필요로 하고 있다. 1970년대 ARPANET(Advanced Research Projects Agency NETwork)과 1980년대의 국방 또는 학술연구 목적으로 미국을 중심으로 시작된 인터넷이 오늘날 전세계 수많은 사람들과 다양한 분야에서의 사용으로 급성장을 하게 되고, ATM(Asynchronous Transfer Mode)이라는 새로운 기술이 개발됨에 따라 이를 기반으로 새로운 인터넷을 구축하려는 노력이 세계 각국에서 경쟁적으로 이루어지고 있다.

이에 따라 IP 라우터는 패킷처리 능력의 향상, 트래픽 계층을 달리하는 정책 기반 라우팅을 적용한 QoS 지원, IP 멀티캐스트^[1] 제공과 더불어 F/R(Frame Relay), ATM망으로의 접속능력을 가지는 것이 일반화되는 추세에 있고, ATM과 같은 고속 스위칭 기술은 인터넷의 백본 노드로 도입되어 백본망의 고속화를 주도하고 있다.^[2-4]

이러한 기존 라우터의 성능 향상과 백본망의 고속화와 더불어 ATM이 가지는 다양한 매체의 고속, 대용량 전송과 응용의 특성에 따른 대역폭 및 QoS 보장 특성을 이용하여, 이를 인터넷의 IP 패킷 전달을 위한 데이터링크 계층 플랫폼으로 도입하기 위한 방안들이 IETF(Internet Engineering Tack Force),^[5] ATM 포럼^[6]과 같은 표준화 기관들과 네트워크장비 업체들에 의해 제안되고 있다.

IETF에서는 classical IPOA(IP over ATM)^[7] 등 ATM 계층 위에 직접 IP를 적용시키는 모델에 대한 표준화가 이루어지고 있으며, ATM 포럼에서는 인터넷과 같은 기존 LAN(Local Area Network) 프로토콜과 호환성을 갖는 LANE(LAN Emulation),^[1] MPOA(Multi-protocol over ATM)^[8] 등에 대한 표준화 작업을 거의 마친 상태이다.

현재의 IP라우터는 수신되는 각 패킷의 목적지 주소를 검사하고 전달하기 위한 라우팅 테이블을 찾는 과정으로 인해 네트워크가 방대해 질수록 현저히 속도가 저하된다. 이런 문제를 해결하기 위해 입실론(Ipsilon)을 비롯한 네트워크 장비업체들은 IP 라우팅과 ATM 스위칭을 결합하여 IP의 비연결형 라우팅의 장점은 유지하면서 IP 헤더

처리과정을 거치지 않고 Layer2 계층에서 직접 IP 패킷을 스위칭 함으로서 라우터의 패킷처리속도와 QoS 지원 능력을 획기적으로 높인 IP 계층스위칭(IP layer switching)^[9-10]기술을 개발하였다. 이러한 IP 계층 스위칭기술은 IPOA나 LANE등과 같이 프로토콜에 의한 처리방식들보다 고속처리가 가능하기 때문에 IP 라우터의 고속화와 이를 통한 IP망의 성능향상에 핵심기술이 될 것으로 기대되고 있다.^[11-12] IP 스위칭 기술은 1996년 입실론사에서 발표한 제품 이외에도 Cisco사의 Tag Switching,^[13] IBM사의 ARIS(Aggregate Route-based IP Swiching)와 Toshiba사의 CSR(Cell Switching Router)^[14] 등 각 업체에서 유사한 방식을 제안하고 있으며 이를 표준화하기 위해 IETF에서는 MPLS(Multi-Protocol Label Switching)라는 워킹그룹^[15]을 구성하여 활동하고 있다.

본 논문에서는 ATM 기반의 네트워크에서 인터넷을 제공하면서, 현재 인터넷 서비스의 한계로 지적되고 있는 QoS 보장 서비스 문제의 해결방안으로 활발히 연구가 진행중인 MPLS 기술의 구조를 분석하고, IETF 등 MPLS 기술과 관련된 표준화 기구들의 표준화 동향 및 MPLS 기술이 해결해야 할 여러 가지 문제점들을 분석한다. 그리고 classical IPOA 등 기존 방식과의 비교 분석을 통해 MPLS 방식의 우수성을 증명하고, IP Switching, Tag Switching, CSR 등 각 장비제조업체들의 모델들의 특징과 성능을 비교 검토하여 각 모델의 특성에 적합한 네트워크 구성형태를 제시한다.

먼저 2장에서 MPLS 기술의 구조, 표준화 동향, 문제점을 기술하고, 이어서 3장에서 classical IPOA, IP 라우터 등 기존 ATM/인터넷 통합방안과 MPLS를 비교 분석하는 한편, 각 장비제조사별 MPLS 모델들의 특성을 비교 분석한다. 그리고 4장에서는 인터넷 백본망, 초고속 국가망^[16] 등 MPLS 기술을 적용한 여러 가지 ATM/인터넷 통합망 모델을 분석한다. 그리고 5장에서 결론을 맺는다.

II. MPLS 기술의 구조와 특성

2장에서는 MPLS 기술의 개념정리와 구조 분석 및 레이블 교환 방식과 할당, 전달과정 등에 대해 기술한다. 또한 IETF를 중심으로 한 MPLS 표준화 동향을 파악하고, MPLS 기술이 안고 있는 문제점에 대해서도 분석한다.

1. MPLS 개념

최근 몇 년 사이 네트워크 산업의 성장률은 국내외를 막론하고 경이로운 기록을 보이고 있다. 국내의 경우 지난해까지 평균 70% 내외의 급성장을 보이고 있다. 이러한 성장과 더불어 90년대 중반이후 전세계적으로 기업과 개인을 망라해서 정보통신, 특히 인터넷 분야에 대한 관심이 증가하고 있으며 이에 대한 투자가 대폭적으로 진행되고 있다. 현재 많은 기업들이 인터넷과 이를 활용한 인트라넷을 구축하고 있으며 나아가 공공기관, 교육기관, 의료기관부터 개인에 이르기까지 인터넷을 활용하는 범위가 확대되고 있다. 이런 추세라면 향후 몇 년 이내 심각한 트래픽 정체현상에 직면하게 될 것이다.

전세계 인터넷 사업자는 98년 말 약 7천 개에 이를 정도로 엄청난 증가를 보이고 있으며, 인터넷 가입자 수도 2001년경에는 약 1억 명에 달할 것으로 전망하고 있다. 한국의 경우도 99년 6월 현재 호스트수가 20만개를 넘어서고 있으며 기존의 전용선 서비스 시장을 급속히 잠식하고 있다. 현재 국내 전용선 및 F/R 시장규모는 인터넷 서비스 규모의 약 3배에 달하고 있으나, 앞으로는 ATM/인터넷 통합망이 ATM 가상연결을 활용한 VPN(Virtual Private Network) 구성이 용이하다는 점과 ATM망의 QoS를 활용하여 보장형 서비스를 제공할 수 있다는 장점 때문에 기존의 VPN 시장을 빠르게 대체할 것으로 보인다.

표 2-1과 같이 서로 다른 특성을 지니고 있는 각각의 기술은 인터넷의 폭발적 증가로 인해 서로 상대방의 특성을 필요로 하고 있다. 연결형 ATM망은 비연결형인 IP 서비스를 지향하고 있고, 비연결형의 서비스는 연결형 서비스인 ATM을 지향하고 있으나 ATM망에서

인터넷 지원을 복잡하게 하는 이유는 ATM 기술이 연결형 서비스인 반면 IP 기술은 비연결형 서비스라는데 있다. 현재까지 MPLS는 이 두 개의 서로 다른 특성을 접목시키는 가장 우수한 기술로 평가받고 있다.

ATM과 IP를 통합하려는 노력은 주로 입실론, 시스코 등 라우터 제조업체들을 중심으로 이루어져 왔으며, 제품출시와 IETF에 각각 표준화 제안 등 적극적인 활동이 이루어지고 있다. 이들은 각자의 단점을 보완하고 서로 호환성을 갖기 위해 IETF에서 MPLS라는 공동의 표준규격 제정을 추진하고 있다. 이러한 노력은 기존의 라우터에 고속의 ATM 스위칭 기술을 접목함으로써 고성능의 호환성이 있는 IP 스위치 라우터를 목표로 하고 있는 것이다. 고성능의 IP 스위치 라우터가 ATM 백본망에 대하여 요구하는 것은 단지 VP(Virtual Path) 파이프 정도이며, 다양한 링크레벨 기술을 모두 수용할 수 있기 때문에 IP 전송 인프라를 구축하는데 매우 유리하다. 기존의 IP 라우터는 IP 패킷 포워딩시 패킷의 재조립이 필요하고 패킷 단위로 다음 홉을 결정하므로 패킷의 재조립과 라우팅 테이블 참조로 인한 지연 때문에 패킷 처리속도를 높이는데 제약사항을 가지고 있다.

Table 2-1. Comparison of ATM and IP^[4]

| ATM | IP |
|-------------------------|---------------------------|
| Cell | Packet |
| Layer2 switching | Layer3 routing |
| Resource reservation | Best-effort |
| Source routing | Hop-by-hop forwarding |
| Hard state | Soft state |
| Point to multipoint | broadcast/multicast |
| Sender-driven multicast | receiver-driven multicast |

그림 2-1에서 보는 바와 같이 IP 라우터가 IP 주소를 참조하여 3계층에서 포워딩을 수행하는 것에 비해 MPLS는 ATM 하드웨어 위에 IP 라우팅 프로토콜을 구현하고 IP 라우팅 정보를 ATM 계층 레이블 VPI/VCI(Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier)에

바인딩하여 IP 헤더 처리과정 없이 IP 패킷을 2계층에서 스위칭하는 방식이다.^[2] IP 계층스위칭에서 IP 패킷은 인접 노드를 통해 라우팅 경로를 따라 전달되며, 인접 노드간 패킷 전달을 위한 ATM 링크의 설정과 해제 그리고 ATM 링크 레이블과 IP 트래픽과의 바인딩 정보를 ATM 계층에서 유지하기 위해 LDP(Label Distribution Protocol) 라는 별도의 제어 프로토콜이 필요하다. 이와 같이 IP와 ATM의 결합을 통하여 IP의 비연결형 특성과 ATM의 QoS 보장, 멀티캐스트 및 셀 스위칭 능력이 상호보완 되어 고속의 IP 패킷전달이 가능해지는 것이다.^[9]

MPLS는 그 이름 자체가 의미하듯 어떤 종류의 계층3의 프로토콜 및 루팅 프로토콜도 MPLS가 제공하는 틀을 통해 계층2의 프로토콜 상에서도 Label 스위칭으로 동작하게 하는 일반화된 포괄적인 구조를 제공한다. 이어서 인접한 라우터 간 레이블의 교환, 할당, 전달이 어떻게 이루어지는지 알아보고, 순환 경로의 검출방식과 방지기술에 대해서도 기술한다.

1) 레이블 교환

현재의 라우터에서는 패킷을 전달하기 위해서 라우터 테이블에 있는 IP 주소를 사용한 최대길이 매치 알고리즘을 수행한다. 하지만 레이블 교환에 기반을 둔 MPLS에서는 레이블이라는 고정 길이의 짧은 지정자를 사용한 완전 매치에 의해 패킷을 전달한다.

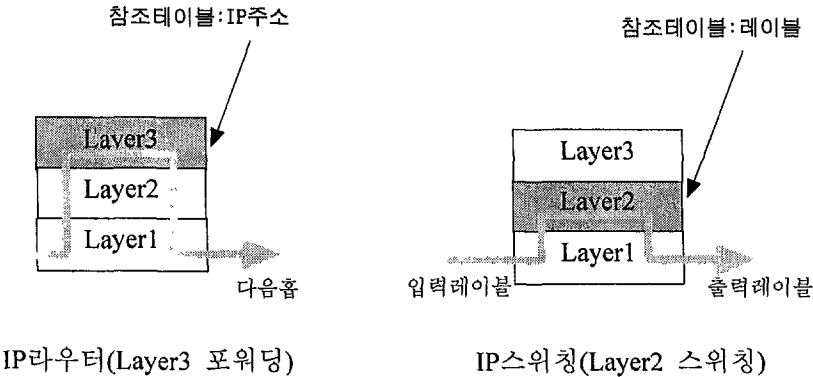
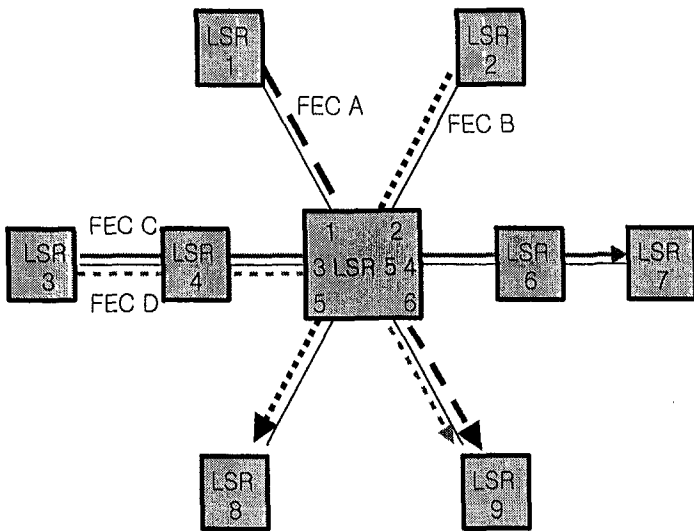


Fig. 2-1. Comparison of IP routing and IP switching

이러한 레이블을 사용하기 때문에 간단하고 빠른 패킷의 전달이 이루어 질 수 있다. 레이블은 망의 노드에서 동일하게 전달되는 패킷의 그룹을 나타낸다. 즉 동일한 레이블 값을 갖는 패킷은 동일한 그룹에 속해 있다. 이러한 패킷의 그룹은 라우팅 프로토콜에 의해서 구분되는데 MPLS에서는 이러한 동일하게 전달되는 패킷의 그룹을 FEC(Forwarding Equivalent Class)^[2]라는 용어로 표현하고 있다. 동일한 여러 응용 서비스로부터 패킷들은 하나의 패킷 흐름을 형성하고 이러한 흐름들은 동일한 FEC를 갖는 흐름을 형성하게 된다.



Label swapping table of LSR 5

| FEC | incoming | | outgoing | |
|-----|-----------|-------|-----------|-------|
| | interface | label | interface | label |
| A | 1 | L3 | 6 | L7 |
| B | 2 | L6 | 5 | L10 |
| C | 3 | L2 | 4 | L9 |
| D | 3 | L4 | 6 | L12 |

Fig. 2-2. Label swapping of LSR

하나의 레이블은 이러한 동일한 FEC의 흐름을 지정한 후 망의 노드마다 해당 FEC에 대해서 레이블 값을 할당한다. 즉 동일한 FEC에 대해서 할당되는 레이블 값은 망의 노드마다 다른 값을 가진다. MPLS에서는 이러한 레이블 스위칭 기능을 수행하는 노드를 LSR (Label Switching Router)이라고 부르고 있다. 그림 2-2는 LSR에서 레이블에 의해서 패킷이 전달되는 과정을 보여 주고 있다. 각 LSR은 FEC에 대해서 할당한 레이블 값으로 구성된 레이블 테이블을 갖고 있다. 이 그림에서 LSR1로부터 전달되는 레이블 값 3을 갖는 패킷은 LSR5에서 이 레이블 값에 의해서 LSP(Label Switching Protocol)상의 다음 LSR이 결정되고 이 때 레이블 값은 7번으로 대체된다. 이와 같이 하여 동일 FEC에 속한 패킷들은 레이블 교환을 통해서 다음 LSR로 전달이 이루어지게 된다.

2) 레이블 할당과 전달

각 LSR에서 FEC에 해당되는 각 레이블을 할당하는 시점은 패킷 흐름이 도착하기 전과 패킷 흐름이 도착할 때의 두 가지 경우로 구분될 수 있다. 패킷 흐름이 도착하기 전에 레이블이 할당되는 경우는 제어 기반의 레이블 할당이라고 부르는데 이것은 다시 두 가지 경우로 구분될 수 있다. 먼저 라우팅 프로토콜에 의해서 패킷이 전달되는 경로가 결정되고 이 경로에 대해서 레이블을 할당하거나 혹은 RSVP(Resource Reservation Protocol)와 같은 제어 프로토콜의 정보에 의해서 레이블을 할당할 수 있다. 후자와 같이 FEC에 속한 첫번째 패킷이 도착하는 시점에서 레이블을 할당하는 경우는 데이터 기반 혹은 트래픽 기반 레이블 할당이라고 부른다. 현재 MPLS에서는 라우팅 프로토콜에 의해서 결정되는 경로를 기반으로 레이블을 할당하는 제어 기반의 레이블 할당에 대해서 규정하고 있다.

각 LSR에서 할당된 레이블 값은 하나의 LSP를 정의하고 있다. LSR은 각 이웃하는 LSR에 특정 FEC에 할당된 자신의 레이블 값을 전달하여 입력 레이블과 출력 레이블을 매핑하는 레이블 테이블을 구성하여야 한다. 현재 MPLS에서는 LDP라는 별도의 프로토콜을 통해서 LSR 간에 레이블 값을 전달하고 있다. LDP는 다음의 두 가지 방식의 레이블 전달을 정의하고 있다.

- 독립적인 레이블 전달(independent label distribution)
- 순차적인 레이블 전달(ordered label distribution)

전자의 경우에는 LSR은 언제든지 이웃 LSR에 레이블 값을 전달하여 LSP에 해당하는 레이블 테이블 항목을 구성할 수 있다. 후자의 경우는 경계 LSR에 의해서 LSP상에 위치한 LSR 순서대로 레이블 값이 할당된다. 이 경우 가장 먼저 레이블을 전하는 경계 LSR로 입구 LSR(ingress LSR) 혹은 출구 LSR(egress LSR)이 존재하는데 MPLS의 LDP에서는 출구 LSR에 의해서 레이블 할당이 시작되는 것으로 규정하고 있다. LDP에서의 레이블 전달은 LSP 상에 위치한 아래 방향(downstream)의 LSR로부터 위 방향(upstream)의 LSR로 레이블 전달이 이루어지는데 이것은 다시 다음 두 가지 경우로 구분된다.

- Downstream 레이블 전달
- Downstream-on-demand 레이블 전달

그림 2-3에서와 같이 전자의 경우 레이블의 할당은 아래 방향의 LSR로부터 레이블이 할당되고 이것이 이웃하고 있는 위 방향의 LSR로 전달된다. 이에 반해 후자의 경우는 위 방향의 LSR이 이웃하고 있는 아래 방향의 LSR에 레이블 값을 요청하면 아래 방향의 LSR은 요청한 LSR에 레이블 값을 할당하여 전해준다. 현재 MPLS의 LDP에서는 downstream과 downstream-on-demand의 두 가지 방식을 모두 허용하고 있다.

LSR이 이웃하고 있는 LSR에 대한 레이블 정보를 유지하는 방법으로 다음의 두 가지 경우가 존재한다.

- 자유 모드(liberal mode)
- 보수적 모드(conservative mode)

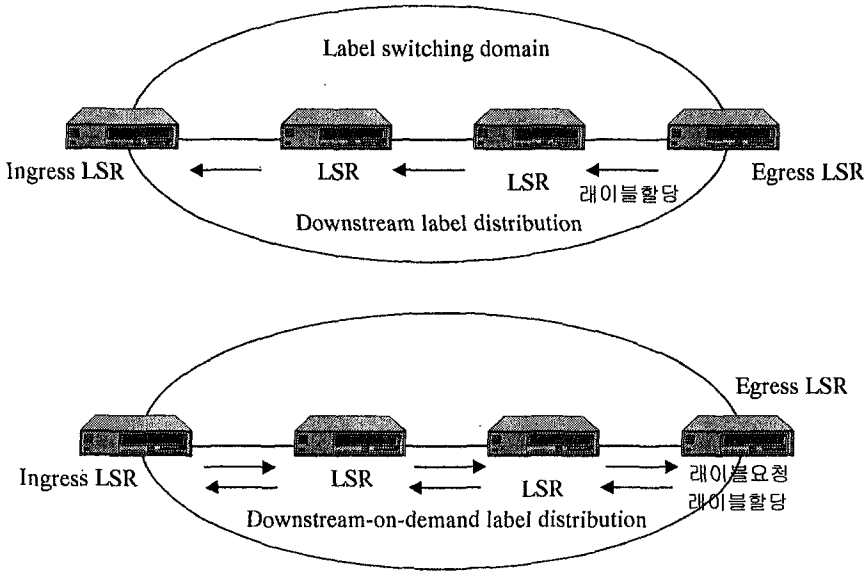


Fig. 2-3. Ordered label distribution

전자의 경우에는 LSR이 이웃하고 있는 모든 LSR에게 FEC에 대한 레이블 값을 할당한다. 반면에 후자의 경우에는 LSR이 이웃하고 있는 LSR중에서 현재 할당하는 FEC에 해당하는 패킷 흐름의 경로 상에 위치하고 있는 아래 방향 다음 홉에 해당하는 LSR에 대해서만 레이블 값을 유지하는 방식이다. 전자의 경우 사전에 모든 이웃 LSR에 레이블을 할당함으로써 경로가 변경될 경우 즉시 이미 할당된 레이블을 사용할 수 있는 이점이 있지만 레이블의 테이블 공간을 많이 소모하게 된다. 현재 MPLS의 LDP에서는 두 가지 모드가 모두 사용 가능하다.

3) 레이블과 패킷 흐름의 매핑

하나의 레이블에 어떠한 패킷 흐름을 할당하는 과제는 어느 정도의 응용 서비스를 통합하느냐는 문제와 직결된다. 통합의 정도는 하나의 특정 응용 서비스의 패킷 흐름을 하나의 레이블에 할당하는 최소한의 매핑에서부터 특정 ISP(Internet Service Provider)망으로 전달

되는 모든 패킷 흐름을 하나의 레이블에 매핑하는 최대한의 매핑에 이르기까지 여러 형태의 중간 매핑이 존재할 수 있다. 현재 MPLS의 LDP에서는 표 2-2의 세 가지 통합된 흐름에 대해서 정의하고 있다.

Table 2-2. Mapping types of packet stream

| 종 류 | 정 의 |
|--------------------------------|---|
| IP prefix | 라우팅 테이블의 IP 목적지 prefix에 대해서 레이블을 매핑하는 것이다. 이러한 매핑과 앞서 언급한 자유 모드와 함께 사용할 경우 주소의 prefix 값에 대한 경로가 결정되면 레이블 값이 단 한번만 할당되면 되기 때문에 LDP 메시지의 교환 빈도를 줄일 수 있는 장점이 있으나 레이블 테이블 공간을 많이 차지하는 단점이 있다. |
| 출구 라우터 (egress router) | 동일한 출구 라우터를 목적지로 하는 모든 IP prefix는 동일한 레이블 값으로 할당한다. 이러한 정보는 BGP(Border Gateway Protocol) update 메시지의 BGP next hop 정보나 OSPF(Open Shortest Path Protocol) advertisement의 router ID 값 혹은 LDP 메시지 교환에서 구할 수 있다. 이것은 최대한으로 통합된 패킷 흐름에 대한 레이블 매핑에 해당된다. |
| 응용 흐름 (application flow) | 가장 세분화된 흐름에 대한 레이블 매핑에 해당된다. 응용 흐름은 다음의 4개의 조합으로 주어진다 (소스 포트 번호, 소스 IP 주소, 목적지 포트 번호, 목적지 IP 주소). 따라서 이러한 매핑은 양종단 switching path에 해당한다. 이러한 매핑은 망의 규모가 작은 캠퍼스 망이나 기업망에서는 사용될 수 있으나, 인터넷 백본망과 같은 규모가 큰 망에서는 확장성 문제 때문에 사용할 수 없다. |

4) 레이블 헤더와 스택

IP 레이블은 데이터 링크 계층의 헤더에 레이블 헤더가 덧붙여 전달된다. 예를 들면, PPP(point-to-point)링크의 경우 레이블 헤더는 PPP 헤더 앞에 붙여진다. 그림 2-4는 MPLS에서 정한 레이블 헤더의 형태를 보여 주고 있다. 헤더는 20비트로 구성된다. EXP (Experimental user) 필드는 실험을 목적으로 예비해 놓은 필드로서 IP의 TOS(Type of Service)필드와 유사하게 사용될 수 있다.

8-bit의 TTL(Time To Live) 필드는 IP의 TTL 필드와 동일하게 사용된다. 스택 비트는 레이블 스택에서 마지막 레이블에 해당하는 것을 표시한다.

MPLS에서는 다층 구조를 갖는 라우팅을 위해서 레이블 스택을 사용할 수 있다. 레이블 스택은 여러 흐름이 하나의 흐름으로 통합되어 특정 라우팅 도메인을 통과한 후 다시 여러 흐름으로 갈라질 때 원래의 흐름의 레이블을 유지할 수 있도록 한다. 이것은 ATM에서 VP 터널의 개념과 유사한데 차이점은 ATM의 경우에는 두 개의 계층 구조만이 가능한데 반해서 MPLS에서는 여러 다층 구조를 가질 수 있다.



EXP : Experimental use

S : Bottom of stack

TTL : Time to live

Fig. 2-4. MPLS label header

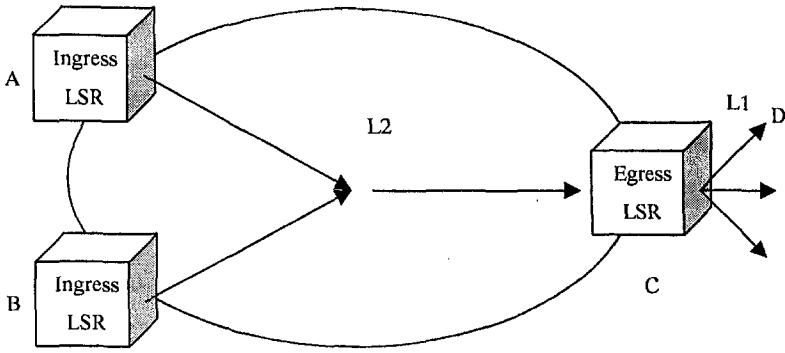


Fig. 2-5. Example used for label stack

그림 2-5는 두 계층의 라우팅 구조에서 레이블 스택을 사용하는 예를 보여 주고 있다. 입구 LSR A와 LSR B는 LSR C까지 통합된 흐름으로 전달된다. 이후에는 LSR A를 통과하는 패킷은 두 개의 레이블 스택을 갖는다. 윗 스택의 값은 L2로서 이 레이블 값은 LSR C에 전달될 때까지 사용된다. 그리고 LSR C에서 이 값은 버려지고, 다음 레이블 값 L1에 의해서 목적지 D로 전달된다.

5) 순환 경로의 검출과 방지

MPLS의 LSP는 라우팅 정보에 근거하고 있기 때문에 라우팅 경로에 변화가 발생할 경우 변경된 다음 홉의 LSR로의 경로가 순환을 형성할 수 있다. IP 라우팅에서는 이 문제를 패킷 헤더 안에 있는 TTL 필드를 사용하여 순환이 미치는 영향을 완화하는 방법을 택하고 있다. TTL 필드의 값을 한 홉씩 거쳐갈 때마다 하나씩 감소하여 이 값이 0이 되면 이 패킷은 폐기한다. 그런데 MPLS가 ATM 스위치와 같이 사용될 때 ATM에서는 TTL 필드가 존재하지 않기 때문에 이러한 방법을 사용할 수 없다.

MPLS에서는 이러한 순환 문제를 두 가지 방법으로 해결하고 있다. 첫째로 순환 검출(loop detection)인데 순환이 발견되면 이 경로를 해제한다. 또 다른 방법은 순환 방지(loop prevention)인데 순환이 발생하는 경로를 사전에 방지하는 것이다.

순환 검출 방법은 MPLS distribution message에 있는 경로 벡터를 사용한다. 경로 벡터에는 메시지가 전달해 가는 경로 상에 놓여 있는 LSR의 고유 번호를 갖는다. 각 LSR은 이 메시지를 받게 되면 경로 벡터에 자신의 고유번호가 기록되어 있는지를 확인한다. 만약 자신의 고유번호가 이미 존재하면 순환이 발생하였기 때문에 LSR은 이 경로를 해제하고 메시지를 폐기한다.

순환 방지 방법은 경로 벡터와 함께 확산 알고리즘을 사용한다. 만약 라우팅 경로의 변화가 발생하면 변경된 LSP가 순환을 구성하지 않는 것을 확인할 때까지 변경된 경로를 사용하지 않는다. LSR은 변경된 경로의 아래 방향의 LSR의 레이블을 위 방향의 LSR에 전달한다. 이것을 받은 LSR은 경로벡터를 조사하여 새로운 아래 방향의 LSR을 이미 사용하고 있다면 모든 위 방향의 경로를 폐기한다.

이와 같이 위 방향의 LSR은 계속 이 절차를 통해 새로운 경로의 LSR이 순환을 형성하는지를 확인하게 되고 최종적으로 입구 LSR은 처음 순환이 발생하는지를 요청한 LSR에게 응답을 하게 된다. 이 응답을 받은 LSR은 비로소 순환이 발생하지 않는 것을 확인하고 새로운 경로로 패킷을 전달하게 된다.

2. MPLS 표준화 동향

MPLS 워킹 그룹을 구성한 동기는 1996년 Ipsilon의 IP 스위칭 제품을 시작으로 유사한 스위칭 방식에 의한 여러 회사의 제품이 나오면서 여러 제품의 차이를 통합할 프로토콜의 필요성을 느꼈기 때문이다. 1996년 12월 37차 IETF에서 BOF 회의를 가진 후 1997년 3월에 MPLS 워킹 그룹이 구성되었다. 처음 워킹 그룹을 구성할 때의 목표는 다음과 같았다.

- 프레임워크 RFC(Request For Comment)(1997년 3월)
- 구조 RFC(1997년 6월)
- 유니캐스트 LDP RFC(1997년 8월)
- 멀티캐스트 LDP RFC(1997년 10월)
- ATM 망에서의 MPLS RFC(1997년 12월)

○ 레이블 캡슐화(encapsulation) RFC(1997년 12월)

현재 워킹 그룹의 진행은 원래 계획했던 일정보다 지연되고 있다. 이는 여러 회사의 상이한 방식을 통합하는 과정에서 의견의 합의를 보는데 어려움이 있기 때문이다. 현재도 주요한 논제에 대해서 여러 회사의 이해 관계가 첨예하게 대립되어 통합된 표준 규격을 결정하는데 많은 어려움이 있다. 앞으로도 이러한 분위기에서 기술적으로 최선의 해결책을 찾는 방향에서 하나의 표준 규격을 만들 수 있을지는 의문이다. 현재 MPLS의 표준화는 데이터 통신 표준화 사상 가장 “dirty politics”에 의해서 진행되고 있다는 평을 얻고 있다.¹¹⁵⁾

이 절에서는 현재까지의 MPLS의 작업에서의 주요 과제에 대한 현재 상황을 알아보도록 한다.

1) LDP 규격

앞서 설명한 바와 같이 레이블의 할당과 전달은 LDP에 의해서 수행된다. 레이블 할당 방식은 제어 기반 방식(control-driven)으로 결정하였다. 그리고 현재의 LDP 문서는 유니케스트의 경우에 한정하고 있다. 레이블 전달 방식은 앞서 언급한 바와 같다. 독립 전달(independent distribution)과 순차 전달(ordered distribution)의 논쟁은 대표적인 Cisco 방식과 IBM 방식의 대결로서 결국 두 방식을 모두 허용하는 것으로 결론을 맺었다.

LDP 방식에서 합의를 보지 못한 부분은 순환 검출과 순환 방지를 위해서 어떤 알고리즘을 사용하느냐라는 문제와 트래픽 엔지니어링을 위한 명시적 라우팅 방식을 어떻게 수행하느냐는 문제이다. 순환 검출과 방지의 문제는 앞서 설명한 바와 같이 경로 벡터를 사용하는 방안으로 결정하였는데 후에 또 다른 방식이 제안되었고 두 방식 간에 1998년 8월 회의까지 합의점을 찾지 못하였다. 결국은 LDP 규격에서 순환 검출은 경로 벡터 방식으로 하고 벡터 요소의 수는 최대 100으로 제한하였다. 하지만 순환 방지 방식은 LDP에서 제외하고 추후 관련 문서를 제정하여 이를 참고하도록 하였다.

트래픽 엔지니어링에 관해서는 현재의 IP 라우팅에 비해서 MPLS가 갖는 장점은 명시적 라우팅 혹은 소스 라우팅에 의한 트래픽 엔지니어링 기능을 수행할 수 있다는 점이다. 명시적 라우팅을 수

행하는 방식은 다음의 두 가지 방안이 제안되었다.

- LDP를 사용
- RSVP를 사용

RSVP를 사용하는 경우 현재 RSVP 메시지에 EXPLICIT_ROUTER 객체를 추가하게 된다. LDP는 이미 그 기능이 정의되어 있다. RSVP 사용을 주장하는 측은 RSVP 프로토콜이 이미 구현되어 설치되는 단계에 있으며 대역을 예약하는 절차와 함께 명시적 라우팅을 할 수 있다는 장점을 주장하고 있다. LDP를 주장하는 측은 RSVP가 널리 사용될 가능성이 현재로서는 희박하고 RSVP의 제한된 기능보다는 원래의 MPLS의 프로토콜로서 LDP를 일관되게 사용할 것을 주장하고 있다.

2) 트래픽 엔지니어링, QoS, VPN 과제

현재 트래픽 엔지니어링과 관련하여 하나의 문서가 1998년 8월 회의 이후 워킹 문서로서 등록되었다. 현재 상태는 트래픽 엔지니어링의 요구사항을 정리한 정도이고 구체적인 방안은 앞으로 진행될 전망이다. QoS 과제는 IETF의 DiffServ(Differentiated Service) 방식과의 관련해서 추진될 전망이다. 이 과제도 앞으로 본격적으로 논의될 것으로 보인다. VPN을 위한 MPLS의 문제도 관심이 높은 것 중 하나이다. 그 이유는 MPLS가 가장 먼저 적용될 분야로 ISP망을 이용해서 VPN 서비스를 제공하는 분야일 것으로 전망되기 때문이다. 이와 관련된 문서가 정식 워킹 문서로 받아들여지지 않는다는 점이다. 이 문제는 VPN 워킹 그룹이 형성되면서 MPLS에서 논의해야 되는 범위에 대해 조심스럽게 접근하고 있기 때문이다.

3) MPLS 도입시의 문제점

공중 ATM 망에서 MPLS의 적용시 발생하는 문제점을 요약해 보면 다음과 같다.

첫째, 공중 ATM 망에서 IP 전송을 위해 MPLS를 채택하는 것은 기존의 ITU-T(International Telecommunication Union-

Telecommunication Standardization Sector)와 ATM 포럼에서 만들어진 ATM 신호 프로토콜 대신에 IETF에서 만들어진 새로운 프로토콜이라 할 수 있는 LDP 수용해야 한다. 그런데 LDP는 처음 설계될 때와는 달리 여러 가지 기능을 수행함에 따라 점점 복잡해지는 양상을 나타내고 있어 기존의 ATM 신호 프로토콜을 대체하여 얻는 효과에 대한 의문이 제기 되고 있다.^[15]

둘째, MPLS에서 확장성을 개선하기 위해 사용되는 VC를 개수를 줄이기 위해서 제시된 VC merge 방식은 AAL(ATM Adaptation Layer) 5 프레임을 통해 전송되는 IP 패킷의 인테리빙을 막기 위해서 ATM 스위치에 버퍼를 새로 설치해야 한다. 따라서 공중망에서 MPLS를 지원하기 위해서 ATM 스위치의 하드웨어가 수정되어야 할 뿐만 아니라 새로 버퍼를 설치함으로써 야기되는 복잡도의 문제가 제기되었다.

셋째, 공중망에서 MPLS를 제공하기 위해서는 기존의 ATM 신호 프로토콜과 더불어 MPLS LDP 프로토콜이 설치되어야 하는데 두 프로토콜이 같은 ATM 스위치에 설치됨으로써 얻는 시너지 효과가 그다지 크지 않다고 지적되고 있다.

이와 같이, 규모가 큰 인터넷망에 MPLS 기술을 적용할 경우 발생하는 확장성 문제를 해결하기 위한 방안으로, 흐름단위에서 벗어나 흐름들의 집합단위로 서비스를 차별화 함으로써 대규모 네트워크에도 적용 가능한 새로운 구조인 DiffServe가 IETF에서 개발되고 있다.

III. MPLS 기술 비교 분석

2장에서 ATM 망에서 직접 인터넷을 제공할 수 있는 기술로 MPLS 방식의 구조와 특성, 그리고 표준화 동향과 문제점을 살펴보았다. 3장에서는 MPLS와 프로토콜 위주의 classical IPOA, IP 라우터 등 기존의 ATM 기반의 IP 전달방식을 여러 관점에서 비교 분석하고, 입실론사의 IP Switching, 시스코사의 Tag Switching, 도시바사의 CSR 등 각 장비제조사사의 MPLS 모델들의 동작절차와 특징을 비교 분석한다.

1. 기존방식과 MPLS 비교 분석

1절에서는 MPLS 기술과 프로토콜 위주의 classical IPOA 등 기존의 IP 전달방식을 비교 분석하고, 또한 기존 IP 라우터와 MPLS IP 스위치의 성능을 여러 관점에서 비교 분석한다.

1) Classical IPOA 모델과의 비교

RFC 1577, "classical IP over ATM"은 ATM 기반에서 IP 서버넷을 제공하려는 의도와 함께 IETF에 의해서 개발된 최초의 모델이다. classical IPOA 모델은 IP 서브넷들이 IP 라우터에 의해 연속적으로 연결되어 있는 구조에서 LIS(Logical IP Subnet)라 불리는 IP 서브넷을 기본 구성 단위로 하고 있다. LIS는 하나의 IP 주소 변환서버(ARP, Address Resolution Protocol server)에 의해 관리되며 LIS 내의 IP 호스트 사이에는 ATM 신호방식에 의해 직접 연결을 설정할 수 있다. 하지만 다른 LIS에 속한 IP 호스트간에 VC 연결을 설정할 경우에는 직접 연결을 설정할 수 없고 반드시 LIS를 연결하는 라우터를 통해서 VC 연결이 이루어져야 한다.

표 3-1과 같이 IPOA 모델은 ATM 스위치에서 연결관리의 한계 때문에 망의 노드가 증가할수록 사용하는데 문제가 발생한다. 반면 MPLS에서는 연결관리의 유연성으로 인해서 망의 크기가 증가하는 것을 수용할 수 있는 장점이 있다.

Table 3-1. Comparison of IPOA and MPLS

| 항 목 | IPOA | MPLS |
|---------------|------------|---------------------------|
| 라우팅방식 | 계층라우팅 | 통합라우팅 |
| 망의 확장성 | 제한 | 크다 |
| ATM스위치 제어기능변경 | 불필요 | 필요 |
| 주소해석 | 필요 | 불필요 |
| QoS 지원 | 가능 | 가능 |
| 멀티캐스팅 | 비효율적 | 상대적으로 효율적 |
| 연결관리 | flow-based | flow-based, control-based |
| 표준화 | 완성 | 진행중 |
| 적용범위 | LAN, 캠퍼스망 | 인터넷 백본망 |

그리고 IPOA 모델에서는 연결형 방식 기반의 ATM의 연결관리에 영향을 받는다. 즉 모든 연결은 순수한 ATM의 신호방식에 의해서 이루어지고 ATM 스위치는 연결에 따른 VC 관리를 수행하여야 한다. 이에 비해 MPLS에서는 연결관리의 문제적 효과적으로 해결할 수 있는 방안들을 다양하게 가지고 있다.

IP 프로토콜을 ATM 망에 접속하기 위해서는 주소변환이 해결되어야 한다. 주소변환은 연결하려고 하는 상대방 IP 호스트의 IP 주소로부터 ATM 주소를 알아내는 작업이다. 초기 IP 호스트들이 등록을 하는 절차는 그림 3-1과 같다. 우선 LIS 내의 IP 호스트가 처음 등록을 할 때 LIS 내의 주소변환을 담당하는 ATM-ARP 서버의 ATM 주소가 주어진다. 그러면, IP 호스트는 이 주소를 사용하여 ATM-ARP 서버와 VC를 설정한다. ATM-ARP 서버는 VC가 설정된 IP 호스트에게 InATMARP_REQUEST 패킷을 전송하고 이에 대한 응답으로 IP 호스트는 InATMARP_REPLAY 패킷을 전송한다.

ATM-ARP 서버는 새로 등록한 IP 호스트에 대한 주소의 매핑 정보를 사용하여 후에 주소 변환에 사용하게 된다. 타임 스탬프는 일반적인 프로토콜에서 사용하는 것과 똑같은 목적으로 사용된다. 즉

최소 20분 동안 이 매핑 정보를 사용하지 않을 경우 이 정보는 테이블에서 삭제된다. 일단 이렇게 등록된 후에 IP 호스트는 통신을 원하는 IP 호스트의 주소를 ATM-ARP 서버에 보내어 서버로부터 상대방 ATM 주소를 알아낸 뒤 ATM 신호 방식에 의해 연결설정을 하고 IP 패킷을 전송하게 된다.

Classical IPOA, NHRP(Next Hop Resolution Protocol), MPOA 모델에서는 IP 계층의 ARP와 라우팅 프로토콜과는 별도로 ATM 계층에서도 시그널링과 라우팅 프로토콜, ATM-ARP를 구현하기 때문에 두 계층간 기능의 중복과 함께 단말간 네트워킹에 있어 복잡도가 증가하고 라우터에서 IP 헤더처리로 인한 지연이 발생한다. 이로 인해 연결설정에 관련된 결함이 발생했을 때 두 라우팅 프로토콜이 연관되어 있으므로 결함의 소재를 파악하기 힘들다.

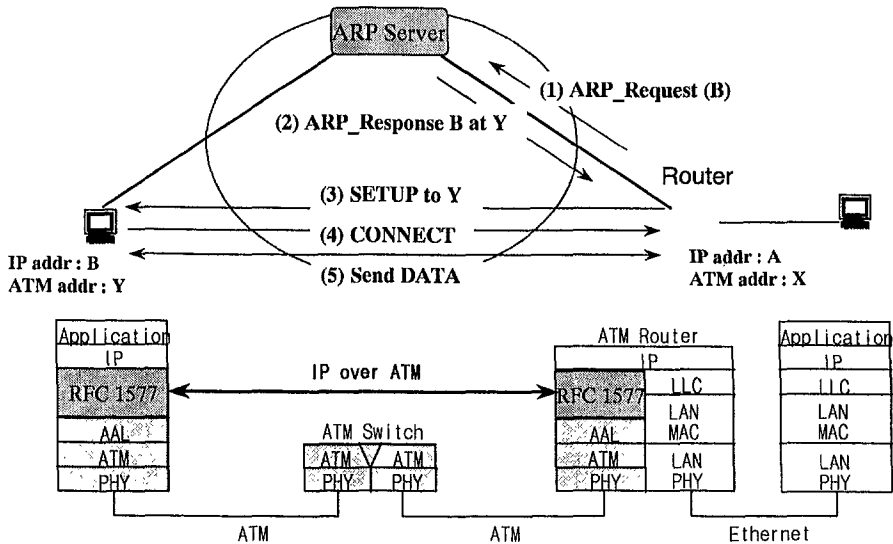


Fig. 3-1. Processing of IP registration and address resolution of IPOA

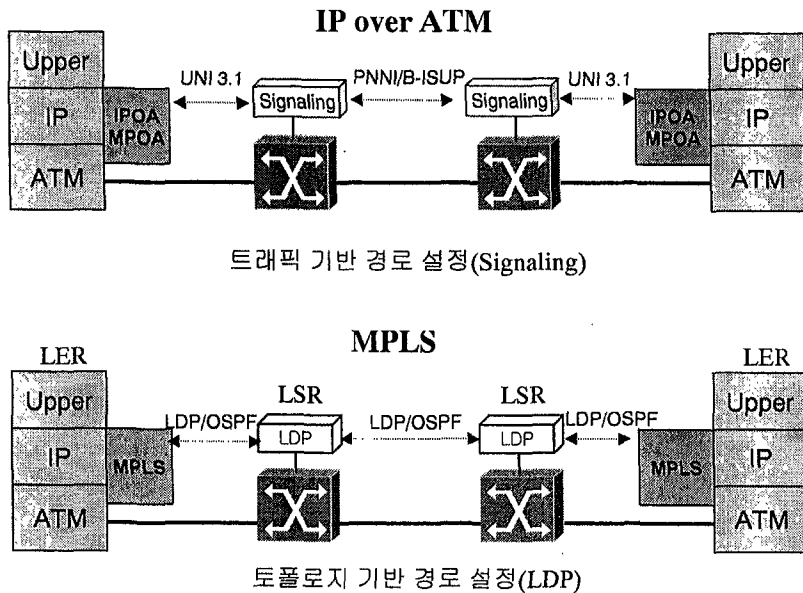


Fig. 3-2. Comparison of path establishment of IPOA and MPLS

그림 3-2는 IPOA 방식과 MPLS 방식의 경로설정 차이점을 보여주고 있다. MPLS에서는 ATM에서의 주소문제를 해결하고, 시그널링과 라우팅 프로토콜 대신 인접 노드간 ATM 링크를 비연결형 방식으로 제어하기 위해 IFMP(Ipsilon Flow Management Protocol)^[17]와 GSMP(General Switch Management)^[18]를 사용하는데, 이는 MPOA에 비해 약 1/3에 지나지 않는 것으로 비교되고 있으며, 이로 인하여 시스템 구현과 상용제품의 개발이 용이한 것으로 평가된다. 또한 패킷의 처리속도에 있어서도 입실론의 IP 스위치는 현재 모델이 최대 5.3Mpps(packet per sec.) 정도의 패킷처리율을 갖는데, LANE 기술을 이용한 IP 전달시스템의 처리율이 2.8 Mpps인 것에 비하여 약 두 배 정도 빠른 것으로 보고되고 있다.^[12] 이러한 장점으로 인해 MPLS 기술은 IP-ATM의 연동을 위한 새로운 방안으로 대두되고 있으며 이를 적용한 상용제품의 생산이 여러 네트워크 업체에 의해 추진되고 있다.

2) 기존 라우터와의 비교

수년전 라우터의 패킷처리능력은 대략 200Kpps내외였으나 지금은 500Kpps에서 1Mpps 정도로 꾸준한 향상을 보이고 있고, IP 스위치에 의해 5.3Mpps까지 비약적인 발전을 하였는데 ATM 하드웨어의 성능향상과 더불어 더 빠른 IP 스위치 장비가 상용화될 것으로 보인다.

그림 3-3에서 보는 바와 같이 패킷이 포워딩되는 과정을 살펴보면 라우터는 라우팅 테이블을 참조하여 패킷 포워딩 경로를 설정하는데 비해 MPLS는 LER(Label Edge Router)에서 각 IP 패킷의 헤더를 분석하여 MPLS 헤더, 즉 패킷 흐름당 할당되는 레이블을 패킷에 포함시켜 LSR로 전달한다. LSR은 수신된 패킷내의 레이블을 출력링크와 출력 레이블을 교체한 후 전달한다. 레이블 교체에 의한 포워딩은 출구 LER에서 종료되며 출구 LER은 패킷을 통상의 라우팅 방식에 의해 최종 목적지로 전달하게 된다.

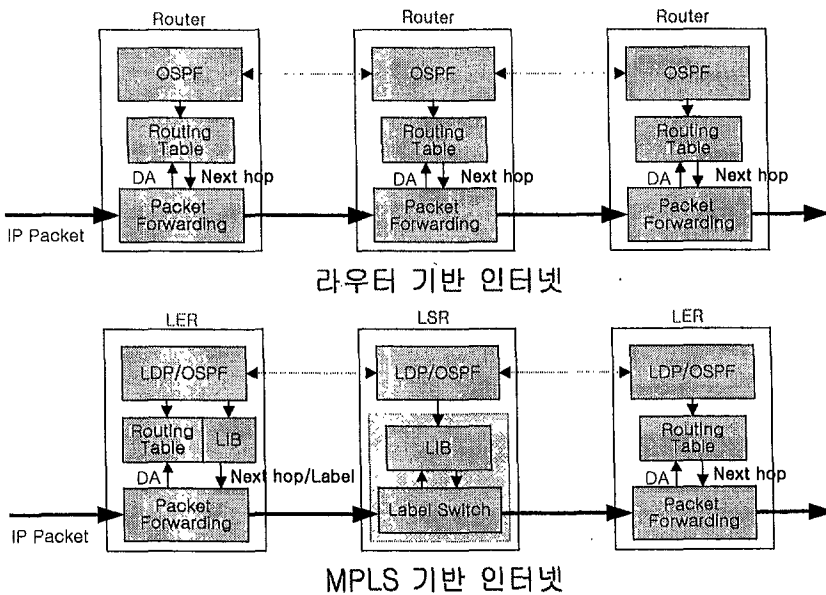


Fig. 3-3. Comparison of router and MPLS

Table 3-2. Comparison of IP router and IP switch

| 구분 | 라우터(cisco 7513) | IP swtch (jpsilon 1600) |
|-------------------|---|--|
| 총용량 | 1Gbps | 2.5Gbps |
| 최대처리능력 | 500Kbps | 5.3Mbps |
| 포트수용 | Ethernet65, Fast Ethernet22, FDDI11, ATM11 등 | Ethernet24, Fast Ethernet24, ATM16등 |
| 라우터 프로토콜 | IP, DECnet, IPX, AppleTalk, XNS 등 | IP |
| ATM상 네트워크층 프로토콜지원 | LANE, Classical IP over ATM, AppleTalk over ATM | IP swiching on ATM |
| WAN지원 | X.25, PPP, FR, SMDS, ATM 등 | ATM |
| 멀티캐스트 | DVMRP, IGMP, software-based multicast only. | DVMRP, IGMP, multicast support by software and ATM swich |
| QoS지원 | Policy based routing | Guaranteed QoS: real-time, non real-time |

표 3-2는 입실론의 IP Switch ATM 1600과 시스코 7513 라우터의 성능비교를 나타낸다. 라우터는 Policy Based Routing을 통해 패킷 클래스별로 다른 QoS를 지원하고 기존 LAN 접속기능 외에 LANE, classical IPOA를 통해 인터넷/ATM 연동을 제공한다. 반면 IP 스위치는 ATM 하드웨어를 이용하여 CBR과 같은 보증형 QoS 서비스가 가능하고 ATM 계층에서 IP 트래픽의 스위칭을 실현함으로써 LANE나 classical IPOA 모델에 비해 인터넷/ATM 연동이 단순하고 패킷처리가 빠른 것으로 평가되고 있다.

기존의 라우터는 IP 이외의 다양한 프로토콜의 라우팅이 가능하고 여러 WAN(Wide Area Network) 프로토콜을 지원하며 ATM 망과의 연동 측면에서도 IP 스위치보다 유연성을 갖는다는 점들이 IP 스위치가 앞으로 본격적으로 도입되기 위해서 해결되어야 할 문제점으로 지적되고 있다. 특히 기존 라우터와 호환되지 않는 점은 IP 스

위치의 본격 도입에 가장 큰 걸림돌이며, 따라서 IP 스위치를 이용한 고속 IP 전달망은 기존 라우터망과 분리된 사설망이나 공중 IP 망의 백본망 등으로부터 점차적으로 도입될 것으로 예상된다.

2. MPLS 개발모델 비교 분석

현재까지 국제적인 규격화와 제품화가 진행중인 IP 계층 스위칭 기술은 입실론의 IP 스위칭^[9]과 시스코의 텍스위칭^[13] 그리고 도시바의 CSR^[14]등이 있다. 2절에서는 이들 기술들의 특징을 살펴보고 장단점 및 발전 가능성을 분석한다.

1) IP 스위칭

1996년 초반, 입실론은 업계 최초로 IP 계층스위칭의 개념을 적용한 상용제품인 IP 스위치를 발표하였다. IP 스위치는 ATM 하드웨어 위에 IP 라우팅 프로토콜을 구현하고, 흐름의 분류 기능과 흐름에 대한 입/출력 VPI/VCI의 매핑 정보를 ATM 하드웨어 내에 캐쉬할 수 있는 라우터이다. 여기서, 흐름은 동일한 원천지/목적지 IP 주소를 갖는 IP 패킷 흐름 또는 IP 주소 외에 같은 TCP/UDP(Transmission Control Protocol/User Datagram Protocol) 포트 번호를 갖는 패킷 흐름으로 정의된다. IP 패킷 라우팅 경로에 있는 인접 노드간 ATM 링크는 IP 계층에서 VC의 설정과 해제를 제어하는 비연결형 방식으로 이루어지는데, 이를 위해 인접 노드에게 특정 흐름에 할당한 VPI/VCI를 알리기 위한 IFMP와 ATM 계층 내에 입/출력 VPI/VCI 매핑을 관리하기 위한 GSMP를 정의한다.

(1) IP 스위치 구조

IP 스위치는 IP 스위치제어기와 ATM 하드웨어로 구성된다. IP 스위치제어기는 OSPF와 같은 라우팅 프로토콜, 흐름의 ATM 스위칭을 결정하는 흐름분류기, IFMP와 GSMP로 구성되고, ATM 하드웨어는 AAL5 계위의 연결관리를 위한 시그널링과 ATM 라우팅 프로토콜 대신 IP 스위치제어기가 ATM 하드웨어를 제어할 수 있도록 GSMP를 구현한다. 시스템 구동시 인접하는 IP 스위치제어기 간에는

홉대홉 패킷 포워딩을 위한 디폴트 채널(0/15)이 설정된다.

(2) 흐름 분류와 VC 관리

IP 스위치제어기는 IP/TCP/UDP 패킷 헤더로부터 특정 흐름을 식별하고, 그 흐름에 속하는 후속 패킷 흐름을 ATM 계층에서 스위칭할 것인지 IP 스위치 제어기에 의해 홉대홉으로 포워딩할 것인가를 결정한다. 이러한 흐름 분류결정은 IP 스위치 자체의 고유한 정책에 의존하지만, 일반적으로 HTTP(Hyper Text Transfer Protocol), FTP(File Transfer Protocol) 데이터 흐름은 스위칭하고 DNS(Domain Name System) 패킷 흐름은 홉대홉으로 포워딩한다. 그림 3-4는 트래픽 특성에 따른 흐름과 VC의 바인딩을 나타낸다.

흐름 분류과정을 통해 짧은 홀딩시간을 갖는 흐름은 디폴트 채널을 통해 홉대홉으로 목적지 호스트까지 전달되고, 반면 긴 홀딩시간을 갖는 흐름은 후속 트래픽의 전송을 위한 레이블(x/y)을 할당한 다음 인접 위 방향 노드(upstream node)에게 알려주고, 아래 방향 노드(downstream node)로부터 동일한 흐름에 대한 레이블(x'/y')을 받으면, 두 레이블의 입/출력 매핑테이블을 ATM 계층에서 유지한다. 이러한 흐름과 VC의 매핑정보는 주기적으로 갱신된다.

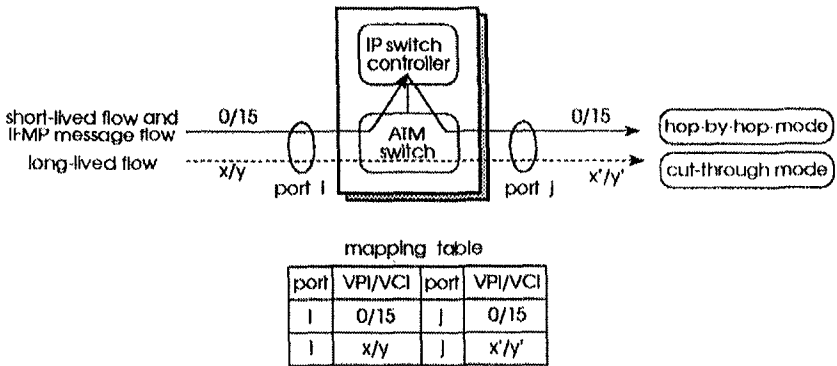


Fig. 3-4. Packet stream and VC binding

(3) 동작 절차

IP 스위치간의 동작 절차는 그림 3-5와 같다. 디폴트 채널을 통해 패킷을 수신한 IP 스위치제어기는 패킷을 홉대홉으로 포워딩하고, 흐름에 속하는 패킷들의 포워딩 방법을 결정한다. 흐름의 포워딩을 ATM 계층 스위칭으로 결정하면 상위노드로 IFMP 메시지를 보내는데, 여기에는 흐름을 식별할 수 있는 IP/TCP/UDP 헤더 정보, 두 노드간 패킷의 전송을 위한 VPI/VCI 등이 포함된다. 만약 상위노드가 바인딩 요청을 받아 들이면 흐름에 속하는 패킷은 지정된 VC를 통해 전송되고, 그 VC로 부터 수신된 셀은 재조립되어 IP 스위치제어기에 의해 포워딩된다. 또한 하위노드도 그 흐름에 대해 ATM 스위칭을 결정하고 IFMP 메시지를 보낸다. IFMP 메시지를 수신한 IP 스위치제어기는 하위노드가 지정한 VC를 통해 패킷을 전송하고, 상위노드와의 VPI/VCI와 하위노드가 지정한 VPI/VCI의 매핑을 GSMP를 통해 ATM 하드웨어 내에 캐쉬한다. 이러한 과정은 흐름의 라우팅 경로를 따라 모든 IP 스위치에서 수행된다. 따라서 IP 스위칭 망의 가장 자리에 위치한 노드에서만 IP 목적지 주소로부터 출력 VPI/VCI를 셀 헤더에 매핑하고, 중간노드에서는 VPI/VCI 변환에 의해 패킷을 ATM 계층에서 스위칭한다.

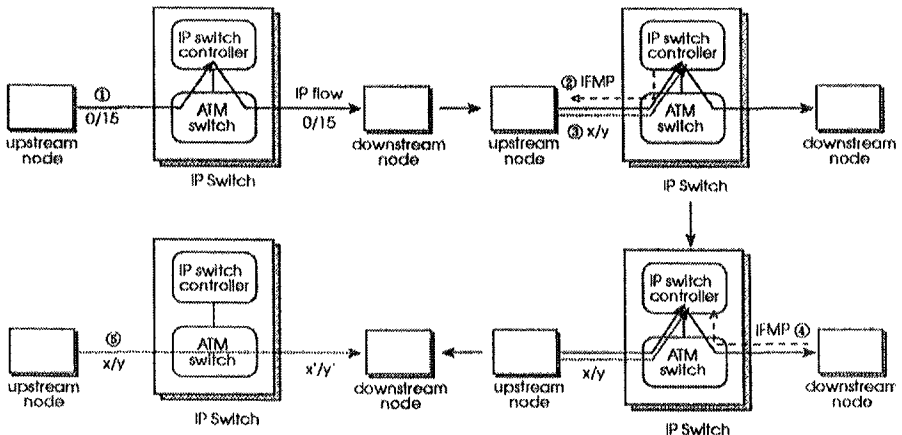


Fig. 3-5. Operation of IP switch

2) 태그(Tag) 스위칭

시스코(Cisco)는 1996년 9월에 IP 계층스위칭 개념을 적용한 태그 스위칭 기술을 발표하였다. 태그스위칭은 IP 헤더 처리과정없이 ATM 계층에서 태그(VPI/VCI)의 변환에 의해 고속의 스위칭을 실현하지만, IP 스위칭과는 지원되는 프로토콜과 스위칭되는 IP 패킷의 분류방법 등에 있어 접근방법이 다르다. IP 스위칭에서는 특정 흐름에 대해 VPI/VCI를 바인딩하지만 태그스위칭에서는 IP 포워딩 테이블 FIB(Forwarding Information Base)의 엔트리 즉, 네트워크 루트에 태그를 바인딩하여 모든 IP 트래픽을 태그 변환에 의해 스위칭한다. 이러한 네트워크 루트와 태그의 바인딩은 라우팅 프로토콜에 의해 FIB가 구성된 직후 각 엔트리에 대한 입/출력 태그를 할당함으로써 이루어지기 때문에 패킷의 라우팅 경로를 따라 패킷이 사용할 태그와 ATM 링크가 미리 설정된다. 그리고 태그는 ATM 셀의 VPI/VCI 필드에 매핑될 뿐만 아니라 데이터링크 계층 헤더와 네트워크 계층 헤더 사이(이더넷) 또는 네트워크 계층 헤더 필드에 매핑될 수 있기 때문에 다양한 프로토콜에 적용될 수 있다.

(1) 태그 바인딩과 VC 관리

태그스위치간 ATM 링크에 사용되는 VPI/VCI는 라우팅 프로토콜에 의해 구성되는 FIB의 각 네트워크 루트별로 바인딩되며, 그 링크의 상위 노드의 요청에 의해 하위 노드에서 할당된다. 따라서 라우팅 경로가 같은 트래픽은 동일한 태그를 사용할 수 있지만, 만일 동일한 네트워크 루트에 대해 서로 다른 물리적인 포트로부터 태그 바인딩 요청을 받으면 별도의 태그를 할당하는데, 이는 동일한 목적지 IP 주소를 갖고 동시에 같은 출력 포트로 포워딩되는 셀의 인터리빙을 피하기 위한 것이다. 이러한 바인딩의 요청과 해제 그리고 바인딩 정보의 교환은 TDP(Tag Distribution Protocol)를 통해 이루어진다.¹¹⁹⁾ 그림 3-6은 IP 트래픽과 VPI/VCI 바인딩을 나타낸다.

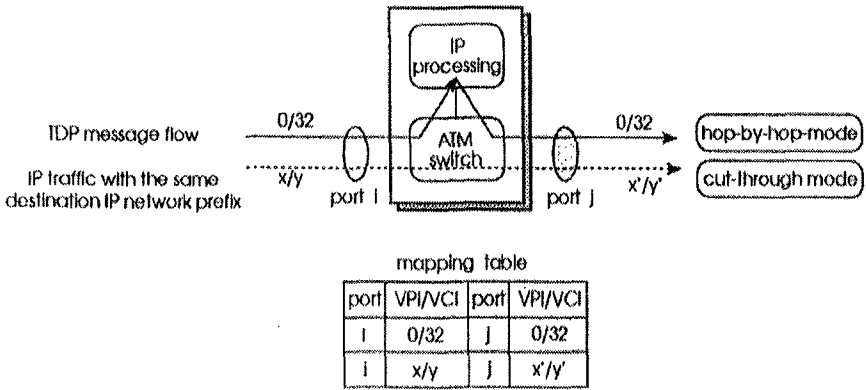


Fig. 3-6. IP traffic and VC binding

택스위치간 VC의 제어를 위한 TDP 메시지는 디폴트 채널(0/32)을 통해 홉대홉으로 포워딩되고, 동일한 네트워크 루트를 갖는 트래픽은 특정 VC를 통해 스위칭된다.

(2) 택스위치 구성 요소

택스위치는 IP 라우팅 소프트웨어, 수신된 셀의 택과 택스위치에서 유지되는 포워딩 정보에 의해 인접 홉으로 셀을 스위칭하는 포워딩 요소, 택스위치간에 택 포워딩 정보를 유지하는 제어 요소, ATM 시그널링과 라우팅 프로토콜을 제거한 ATM 하드웨어로 구성된다.

가) 제어 요소

상위 노드로부터 특정 네트워크 루트에 대한 택 생성 요청을 받으면 택을 할당하고, 상위 노드에게 네트워크 루트와 택의 바인딩을 TDP를 통해 알린다. 또한 자신의 FIB로부터 그 루트에 대한 하위 노드를 식별한 다음 택의 생성을 TDP를 통해 요청하고, 하위노드가 동일한 과정을 거쳐 택을 보내오면 TIB(Tag Information Base)에 입/출력 VPI/VCI, 출력포트로 구성되는 엔트리를 생성한다.

만일 라우팅 프로토콜에 의해 네트워크 루트가 바뀌면 인접 하위

노드에게 이전 바인딩의 해제를 요청하고, 새로운 루트에 위치한 노드에게 택의 생성을 요청한다.

나) 포워딩 요소

상위 노드로부터 수신된 셀의 VPI/VCI와 동일한 TIB 엔트리가 있으면 출력 택을 VPI/VCI 필드에 매핑하고, 출력 포트를 통해 인접 홉으로 포워딩한다. 멀티캐스트 트래픽의 경우 TIB의 엔트리는 하나의 입력 택에 대해 여러 개의 출력 택이 있다.

(3) 동작 절차

그림 3-7은 택스위칭의 동작절차를 나타낸다. ① 라우팅 소프트웨어는 라우팅 정보 교환에 의해 FIB에 네트워크 경로와 출력포트로 구성되는 엔트리들을 만든다. ② 제어 요소는 상위 노드의 요청에 의해 네트워크 경로에 택을 할당하고, 하위 노드로부터 동일한 네트워크 경로에 대한 택 바인딩 정보를 받으면 자신의 TIB내에 엔트리를 생성한다. 이러한 절차는 FIB의 모든 엔트리에 대해 반복된다.

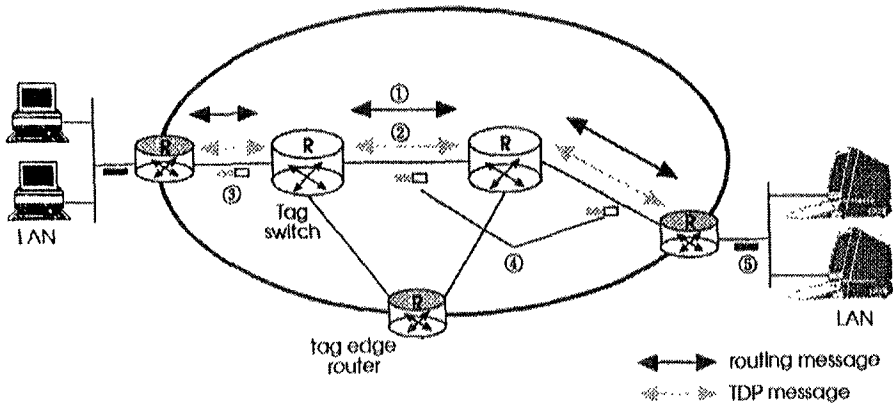


Fig. 3-7. Operation of Tag switch

③ 단말로부터 IP 패킷을 수신한 TER(Tag Edge Router)은 목적지 IP 주소를 참조하여 TIB로부터 택을 선택하고, 이를 VPI/VCI 필드에 매핑한 다음 인접 홉으로 포워딩한다. ④ TER로부터 셀을 수신한 택스위치는 VPI/VCI 필드를 참조하여 ATM 계층에서 직접 스위칭한다. ⑤ 인접 택스위치로부터 셀을 수신한 TER은 IP 패킷을 재조립한 후 목적지 단말로 전달한다.

3) CSR

1995년 일본의 도시바는 conventional IPOA 모델을 통해 IP 계층 스위칭기술을 처음으로 발표하였고, 이를 적용한 입실론의 IP 스위치에 이어 상용제품인 CSR을 내놓았다. CSR은 ATM 하드웨어 위에 IP 라우팅 프로토콜을 구현하고, 흐름 분류과정을 통해 흐름과 VPI/VCI를 바인딩하여 IP 계층의 홉대홉 포워딩 대신 ATM 계층에서 고속의 셀 스위칭을 실현한다. 따라서 IP 스위칭과 흐름의 스위칭에 있어서는 접근 방법이 비슷하지만, 단말과 CSR, 인접 CSR간의 ATM 링크의 설정시 ATM 시그널링 프로토콜을 이용하는 점과 동일한 IP 서브넷 내의 단말간의 통신에 있어 IP 스위칭은 IP 스위치제어기를 거치지만 CSR은 ATM 시그널링 프로토콜을 통해 ATM 계층에서 연결을 설정하여 직접 통신하는 점에서 다르다.

(1) 흐름 분류

CSR은 수신된 IP/TCP/UDP 헤더로부터 특정 흐름을 식별하고, 그 흐름에 속하는 후속 패킷을 ATM 계층에서 스위칭할 것인지, IP 라우팅 소프트웨어에 의해 홉대홉으로 포워딩할 것인지를 결정한다. 이러한 흐름 분류결정은 CSR 자체의 고유한 정책에 의존하지만, 일반적으로 HTTP, FTP 데이터 흐름은 스위칭하고 DNS 패킷 흐름은 홉대홉으로 포워딩한다.

(2) VC 관리

흐름분류과정에 의해 흐름을 ATM 계층에서 스위칭하기로 결정하면 인접 하위 노드간의 VC는 PVC 또는 SVC(Switched Virtual Circuit)로 설정되는데, SVC인 경우 ATM ARP를 통해 하위 노드의

ATM 주소를 얻은 다음 UNI(User to Network Interface) 시그널링을 이용하여 VC를 설정한다. 일단 두 CSR간 VC가 설정되면 상위 노드의 CSR은 흐름과 VPI/VCI의 바인딩을 위해 설정된 VC를 통해 흐름의 원천지/목적지 IP 주소와 VCID가 포함된 FANP(Flow Attribute Notification Protocol)^[20] 메시지를 보낸다. 여기서, VCID는 두 노드간에 설정된 VC의 VPI/VCI가 서로 다를 수 있으므로 링크를 식별하기 위한 식별자이다. 하위 노드는 FANP 메시지가 수신된 포트의 VPI/VCI, VCID와 흐름의 IP 주소를 저장하고, 자신의 하위 노드와 동일한 과정을 거쳐 흐름에 대한 입/출력 VPI/VCI를 ATM 계층에서 유지한다.

이러한 흐름과 VPI/VCI의 바인딩은 상대방으로부터 해제요청이 수신되거나 또는 일정시간 동안 IP 패킷이 수신되지 않으면 해제되고, 그 흐름에 속하는 패킷은 디폴트 채널을 통해 전달된다.

(3) 동작 절차

CSR간의 동작 절차는 그림 3-8과 같다. 동일한 IP 서브넷 내의 단말간에는 VC(SVC 또는 PVC)를 설정하여 IP 패킷을 전송하고, 목적지 단말이 다른 서브넷에 속하면 디폴트 CSR 쪽으로 IP 패킷을 전달한다. ① 단말로부터 IP 패킷을 수신한 CSR은 IP/TCP/UDP 헤더로부터 흐름을 식별하고 그 흐름에 속하는 후속 패킷들의 ATM 계층 스위칭 여부를 결정한 다음, 수신된 IP 패킷을 다음 홉으로 포워딩한다. ② 만일 흐름의 포워딩을 ATM 스위칭으로 결정하면 하위 노드와 VC를 설정하고 흐름과 VPI/VCI의 바인딩을 요청한다.

③ 이러한 과정은 흐름의 네트워크 경로를 따라 목적지 호스트가 속한 CSR까지 계속되어 각 CSR은 흐름에 대한 입/출력 VPI/VCI 매핑 테이블을 ATM 계층에서 유지하게 되고, 후속 패킷 흐름은 ATM 계층에서 스위칭된다. ④→① 만일 일정한 시간 동안 IP 패킷이 수신되지 않으면 CSR은 흐름과 VPI/VCI 바인딩을 삭제하고 디폴트 VC를 통해 패킷을 전달한다.

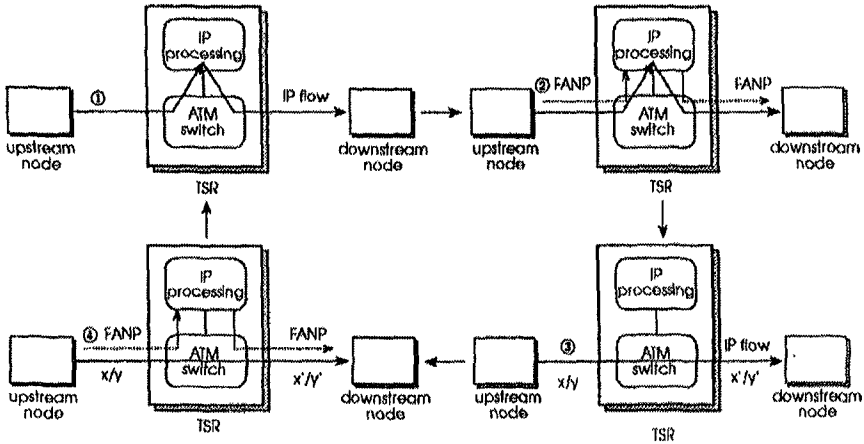


Fig. 3-8. Operation of CSR

4) 각 모델 비교 분석

표 3-3에서 보는 바와 같이 IP 스위칭은 OSPF, BGP와 같은 IP 라우팅 프로토콜을 그대로 수용하고 ATM 하드웨어에 의해 IP 트래픽의 고속 스위칭이 가능하기 때문에 기존의 IP를 기반으로 하는 응용을 지원하면서 IP 라우터의 패킷 처리속도를 획기적으로 높일 수 있는 방안으로 인식되고 있다. 또한 ATM 시그널링, 라우팅 프로토콜과 ATM-ARP 과정이 필요 없기 때문에 다른 IPOA 모델에 비해 IP-ATM 연동이 단순하고 제품 구현이 용이한 장점을 갖는다.

그러나 디폴트 채널을 통해 수신되는 모든 패킷에 흐름 분류과정이 필요하고, 흐름별로 원천지/목적지 IP 주소와 VPI/VCI에 대한 매핑정보를 유지해야 하므로 흐름의 수가 많은 대규모 망에 IP 스위칭을 적용하기가 용이하지 않다. 또한 ITU-T^[21]나 ATM 포럼에서 규정하는 ATM 표준 사양을 모두 준수하지 않으므로 ATM 망과 연동이 어렵고, ATM 하드웨어가 지원하는 QoS 제공 능력을 충분히 이용할 수 없다는 단점이 있다. 현재 입실론의 IP 스위치는 기존 IP 라우터에 비해 약 10배정도 빠른 패킷 처리율을 갖는 것으로 보고되고 있고 최초의 상용제품이란 이점으로 인해 당분간 다른 IP 계층 스위칭기술에 비해 경쟁력이 있는 것으로 보여진다.

Table 3-3. Comparison of MPLS models

| 항 목 | IP Switching | Tag Switching | CSR |
|--------|--------------|----------------------|----------------|
| 흐름분류과정 | 필요 | 불필요 | 필요 |
| 적용범위 | LAN, 소규모 | 인터넷백본; 대규모 | LAN, 소규모 |
| 매핑정보 | 정보유지 | 정보 미유지 | 정보 유지 |
| VC 수 | 많음. | 적음. | 많음. |
| 상용화 | 상용화 | 미상용화 | 미상용화 |
| 기타 | 제품구현용이 | RSVP 사용시 VC 대폭 증가 | UNI 시그널링 지원 |

택스위치는 네트워크 루트에 VPI/VCI를 바인딩함으로써 흐름별로 VPI/VCI를 바인딩하는 IP 스위칭에 비해 택스위치간 설정되는 VC의 수를 대폭 줄일 수 있고, 패킷의 흐름분류과정과 각 흐름에 대한 식별정보(IP 주소)를 유지할 필요가 없는 장점을 가져 인터넷과 같은 대규모 망에 이를 적용하기가 용이하다. 반면 동일한 네트워크 루트를 통해 전달되는 트래픽에 대해서는 흐름별로 QoS를 제공하기가 어렵고, 이를 해결하기 위해 RSVP를 이용하여 QoS를 제공하는 경우 RSVP 흐름별로 택을 할당하기 때문에 VC의 수는 오히려 엄청나게 증가한다는 단점이 있다. 현재 택스위칭 기술은 망 확장성과 다양한 프로토콜을 지원할 수 있는 이점으로 인해 많은 주목을 받고 있다.

CSR은 IP를 기반으로 하는 다양한 응용을 지원하고 IP 트래픽의 고속 스위칭이 가능할 뿐만 아니라 UNI 시그널링과 ATM-ARP를 지원하므로 IPOA 모델이나 ATM LAN과의 접속이 가능하고 단말간 또는 단말과 CSR의 통신에 있어 IP 서브넷 환경을 지원하는 장점을 갖는다. 그러나 IP 멀티캐스트나 QoS의 지원 능력이 IP 스위치에 비해 미흡하며, IP 스위치와 마찬가지로 디폴트 채널을 통해 수신되는 모든 패킷에 흐름분류과정이 필요하고 각 흐름별로 원천지/목적지 IP 주소와 VPI/VCI를 저장해야 하므로 인터넷의 백본망과 같은 대규모

망에서 이를 적용하기가 용이하지 않은 것으로 평가된다. IP 스위치나 텍스위치가 ATM 망과 연동시 PVC만 지원되는데 반해 CSR은 흐름 스위칭 기능 외에 UNI 시그널링을 지원하기 때문에 ATM 망과 IP 망을 연결하는 장비로도 사용이 가능하다는 장점을 가져 현재 IETF에서 진행중인 IP 계층 스위칭기술의 표준화에도 많은 기여를 하고 있다.^[22]

5) MPLS 기술의 장점

MPLS 기술자체는 링크 레이어와는 독립적이다. ATM 셀 스위칭 메카니즘은 MPLS의 레이블 교환 메카니즘을 지원하는데 매우 효과적이다. 이것이 라벨 스위칭 라우터의 포워딩 기능을 위한 ATM 교환기를 사용하는데 용이하게 한다. ATM 기반 라벨 스위칭 라우터들은 라벨 스위칭 라우터 제어 요소(LSR-CC, LSR-Control Component)와 ATM 스위치 구조자체로 구성된다. LSR-CC는 라우팅 프로토콜을 포함한 라벨 관리 기능들 같은 네트워크 레이어를 다룬다.^[11]

기존의 IP 라우터 또는 IP over ATM 기술을 MPLS와 비교하면 MPLS는 많은 이점을 가지고 있다. 인터넷 백본망 구축에 적합하고 ATM 가상연결을 활용한 VPN 구성에도 용이하다. 라우터 기반 VPN 보다 프로세싱 오버헤드가 감소하므로 CoS(Class of Service) 제공에 적합하고 ATM망의 QoS를 활용하여 보장형 서비스 제공이 가능하고 DiffServ^[23]를 수용하기 용이한 구조를 갖추고 있다. 경로별 트래픽 감시 용이하고 트래픽량에 따른 전달 대역폭 변경이 손쉬워 인터넷 트래픽 관리가 유리해진다.

기존의 라우터 방식의 서비스 제공은 망 규모가 거대해 짐에 따라 라우터 흡수가 증가하여 전송지연 현상이 불가피하며, 이로 인한 QoS 하락이 따르고, 개별망 구축에 따른 중복투자로 인해 운용비용이 증가함은 물론 Native ATM 서비스는 불가능하다. 이에 반해 통합망은 단일망으로의 통합에 따른 중복투자를 해소함과 동시에 운용비 절감 효과도 가져온다. 또한, RSVP, DifferServ를 적용한 PVC별로 차별화된 QoS 제공이 가능해져 이용자 욕구에 맞는 다양한 서비스 제공이 가능하다. 그리고 기존 라우터 방식의 최대 걸림돌인 라우터 흡수가 감소함에 따라 전송지연이 감소하고 이로 인해 QoS가 향상되는 효과

가 있다. 또한 QoS 기반의 VPN 구성이 가능해져 진정한 초고속 정보통신망의 의미에 걸맞는 음성, 데이터, 동영상 서비스를 통합하여 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다.

IV. MPLS 기술을 적용한 응용 모델

4장에는 인터넷 백본망 등 MPLS 기술을 적용하여 구성 가능한 네트워크 모델을 분석한다. MPLS는 기존의 IP 라우팅 체계를 그대로 적용할 수 있으면서 처리 속도가 매우 빠르기 때문에 ISP 망의 고속 IP 백본 노드로 활용할 수 있고, 기업의 ATM 망을 기반으로 한 인터넷/익스트라넷에 적용할 수 있다. 또한, 정통부가 추진하고 있는 초고속 국가망에 MPLS를 적용하여 모든 네트워크를 통합한 형태의 미래 초고속 정보통신망에 적용한 모델도 살펴본다.

1. ISP 망의 고속 IP 백본 노드

MPLS는 기존의 IP 라우팅 체계를 따르고 IP 패킷의 처리 속도가 매우 빠르기 때문에 인터넷과 ISP 망의 IP 라우터를 대체하여 백본 라우팅 노드에 적용될 수 있다. 기존 LAN과는 게이트웨이를 사용해서 연결되고 IP 스위칭을 지원하는 단말(주로 서버)은 직접 IP 스위칭 망에 접속되며, 이들로부터 발생한 IP 트래픽은 같은 도메인 내에서는 IP 스위치에서 직접 스위칭되거나 기존의 라우터에 의해 라우팅된다.

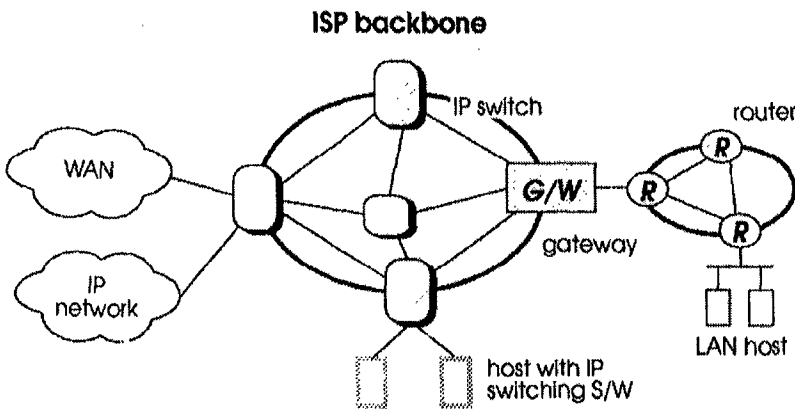


Fig. 4-1. ISP backbone network by IP switch

그림 4-1은 IP 스위치를 이용한 ISP 백본의 구성도를 나타낸다. 현재 IP 스위치(또는 CSR)는 패킷별 흐름 분류과정이 필요하고 흐름에 별도의 VPI/VCI를 할당하므로 흐름과 VPI/VCI 바인딩을 흐름별로 저장해야 한다. 이는 IP 스위치를 인터넷이나 WAN의 백본 노드로 사용하는데 큰 제약 사항이 되기 때문에 인터넷의 백본노드는 표준 ATM 스위치 또는 택스위치를 사용하여 구성한다.

ATM 스위치를 사용하는 경우 ISP 망의 IP 스위치(택스위치 또는 CSR)는 ATM의 PVP(Permanent Virtual Path)를 통해 VP로서 연결하고 단말이나 서버로부터 발생한 흐름은 VCI 필드에 매핑시켜 다음 홉에 위치한 IP 스위치로 전달한다. 이는 IP 스위치간 VP 메쉬 형태로 연결하고 ATM 스위치와 인접한 IP 스위치는 출력포트, 라우터 ID, VP의 매핑정보를 유지해야 한다. 그림 4-2는 ATM 스위치를 이용한 인터넷 백본 구성을 나타낸다.

택스위치를 사용하는 경우 네트워크 루트가 같은 트래픽은 하나의 VC를 사용하여 전달되기 때문에 VC의 수를 대폭 줄일 수 있고 네트워크 루트에 VC를 미리 할당하므로 흐름의 바인딩에 따른 지연을 최소화할 수 있는 장점을 갖는다.

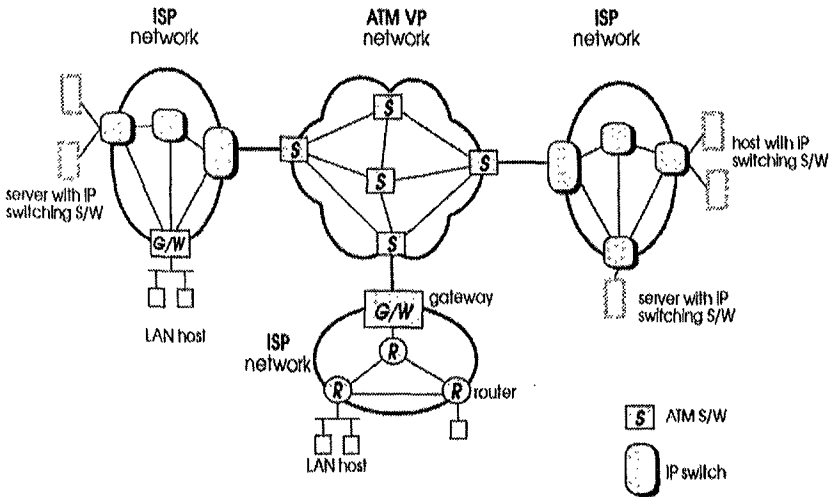


Fig. 4-2. Internet backbone network by ATM switch

반면 ISP 망과 텍스위칭에서의 흐름은 다를 수 있기 때문에 ISP 망과 인접한 텍스위치는 ISP 망으로부터 IP 흐름을 네트워크 루트로 매핑할 수 있는 기능을 가져야 한다.

위와 같은 인터넷 구성방안이 갖는 장점으로서는 첫째, TCP/IP를 투명하게 지원하므로 IP위에 구현된 응용프로그램을 수정없이 이용할 수 있고, 또한 OSPF, BGP와 PIM(Protocol Independent Multicast)과 같은 기존 인터넷 라우팅 프로토콜을 그대로 수용하기 때문에 IP 멀티캐스트 서비스 및 RSVP를 이용한 QoS 지원이 용이하고 ATM이 제공하는 고속의 셀스위칭 서비스를 이용할 수 있다.

둘째, 인터넷 백본노드로 텍스위치를 사용하거나 백본 ATM 스위치가 IP 계층스위칭 서비스를 제공하는 경우 ISP 망간 IP 트래픽의 VC 스위칭 서비스를 제공할 수 있다. 현재 ATM 공중망에서 라우터 간에는 전용선 형태로 PVC(Permanent Virtual Circuit)만 지원되는데 이는 망자원의 사용과 확장성 측면에서 제약을 갖는다.

셋째, IP와 ATM의 통합에 있어 구현이 용이하고 효율적이다. IP 계층 스위칭은 MPOA에 비해 소프트웨어 코드의 양은 1/3 정도에 지나지 않고, IP 패킷 재조립과 IP 헤더처리에 따른 지연을 줄일 수 있으므로 패킷 처리속도의 향상과 함께 단대단 패킷 지연을 최소화할 수 있다. 그림 4-3은 Cisco사에서 제시한 MPLS 모델의 한 예이다,

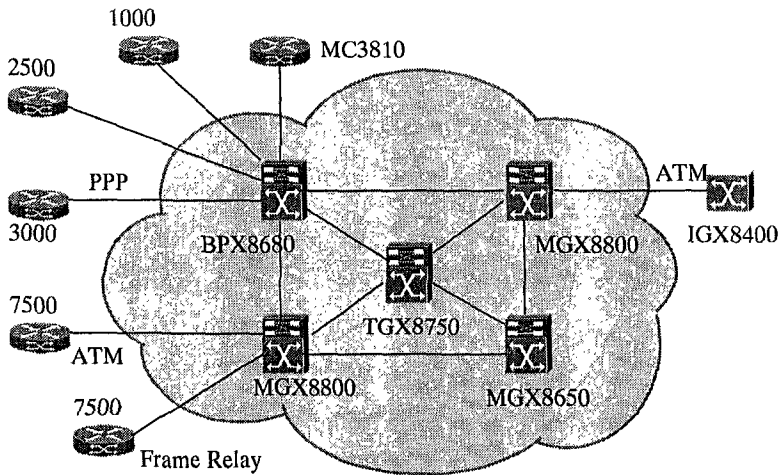


Fig. 4-3. MPLS model of Cisco

2. 기업의 인트라넷/익스트라넷

인터넷에 IP 계층 스위칭 기술을 적용하는 방안은 이들 기술의 확장성과 ATM 망과의 연동측면을 고려하여 기업의 국제 인트라넷 서비스 및 게이트웨이 기능을 제공하여 인터넷 연동을 제공한다. 또한 국제 IP백본망을 통해 기업의 국제간 LAN을 상호 연결하여 국제 폐쇄 WAN을 구성한다. 그림 4-4는 ATM 기술을 적용한 인트라넷 망 구성도이다.

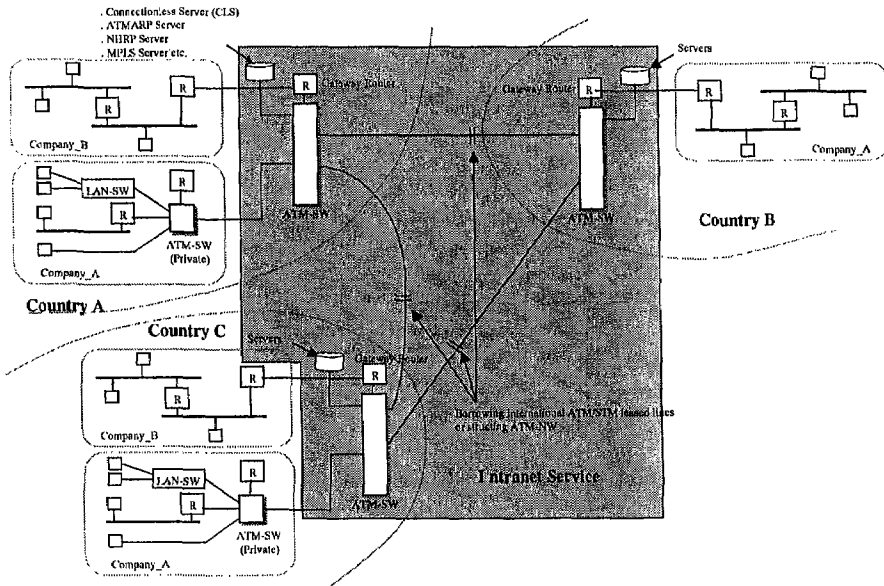


Fig. 4-4. Intranet network by ATM

3. 초고속 정보통신망

정부는 21세기 멀티미디어 정보사회 인프라 구축을 위해 1995년 3월부터 추진해 오던 '초고속정보통신(KII, Korea Information Infrastructure) 기반 구축 종합 추진계획'을 급속한 기술발전과 세계적 동향을 반영할 수 있도록 수정 보완하여 '초고속정보통신 기반구축 사업추진계획'을 수립했다.

Table 4-1. KII major plan

| 프로젝트 | 기 간 | 내 용 |
|----------------------|---------------------|---|
| 초고속 국가망 | 제1단계 (1995~1997) | 기간전송망으로 전국 12개 노드에 68개 접속점을 5대 대도시 및 주요도시를 링으로 2.5Gbps 전송로 구축, 기타 전송시스템은 155Mbps로 구축하고 45Mbps급 서비스 제공 |
| | 제2단계 (1998~2002) | 대도시간 수십 Gbps, 중소도시간 2.5Gbps, 144통화권으로 접속점 확대, 155Mbps 서비스 제공, 지역노드에 ATM 공공인터넷 접속, 전국에 103대 ATM 교환기 설치, 소형 ATM 가입자 접속 교환기 설치, 중대형 ATM 중계 교환기 설치, '99년 F/R 및 인터넷과의 연동, 고속 LAN간 접속확대, 2000년 전화망 및 ISDN과 연동, 초고속 통신망 제어 및 관리체계 구축 |
| | 제3단계 (2003~2010) | 수십 Gbps~Tbps 기간전송망 구축, 개인단말 멀티미디어 서비스, 622Mbps 제공, 통합망 제어 및 관리체계 구축 |
| 초고속 공중망 | 1995~1998 | 대도시 상업지역 및 대형건물 광케이블화, ADSL 이용 고속 인터넷, 서울 대전, 광주, 부산 ATM 시험망 구축 |
| | 1999~2002 | 수요밀집지역 가입자 광케이블화 |
| | 2003~2010 | 일반 가정에 광섬유 케이블 설치 155Mbps급 멀티미디어 서비스 제공, ATM 가입자 접속 교환기 전국 확산, 대형 ATM 중계교환기 설치, 451대 ATM 교환기 |
| 응용서비스 및 핵심기술개발 | 1994~1997 | ATM 및 광통신 부품 개발 |
| | 1998~2002 | 디지털 HDTV 품질의 정보처리 시스템 실현 |
| | 2003~2010 | 차세대 HDTV 품질의 정보처리 시스템 개발, 2003년 수백Gbps 광 ATM, 2005년 전후 테라급 광 ATM |

표 4-1에서 보는 바와 같이 이 계획에서는 초고속정보통신망 구축 목표연도를 2015년에서 5년 앞당긴 2010년까지 조기 구축하는 것으로 수정했고, 이를 위한 투자 재원도 당초의 45조원에서 31조9천억원으로 줄였다. 또한 모든 가입자를 일률적으로 광케이블로 연결하겠다는 당초의 계획을 수정하여 기술발전과 가입자별 수요특성을 고려하여 가입자망을 구축하기로 했다. 이를 위해 경제성 등을 고려하여 기존에 구축되어 있는 망을 최대한 활용할 수 있도록 구축방식을 기

존 전화선을 고속·디지털화(xDSL, x Digital Subscribe Line)하거나, 무선가입자망과 케이블 TV망 등을 활용하여 다양하게 초고속가입자망을 구축할 수 있도록 구축방식을 전환하기로 했다.

그림 4-5에서처럼 미래의 초고속 정보통신망은 기업에 대해서는 광전송로를 구축하고 가정용 이용자에 대해서는 비대칭 디지털 가입자 회선(ADSL, Asymmetric Digital Subscribe Line)을 중소도시까지 확대하여 공급한다. ATM 교환망을 중소도시까지 확대하여 구축하고 지능형 VPN 기술로 초고속 국가망과 공중망 서비스를 통합하는 한편, ATM 교환기에서 MPLS 기능을 추가하여 라우터 없이 ATM 기반의 통합망에서 인터넷 서비스를 제공하고 초고속 ATM 교환망이 인터넷을 포함한 모든 데이터 망의 백본 기능과 PSTN의 증계망 기능을 점진적으로 수용하도록 한다.

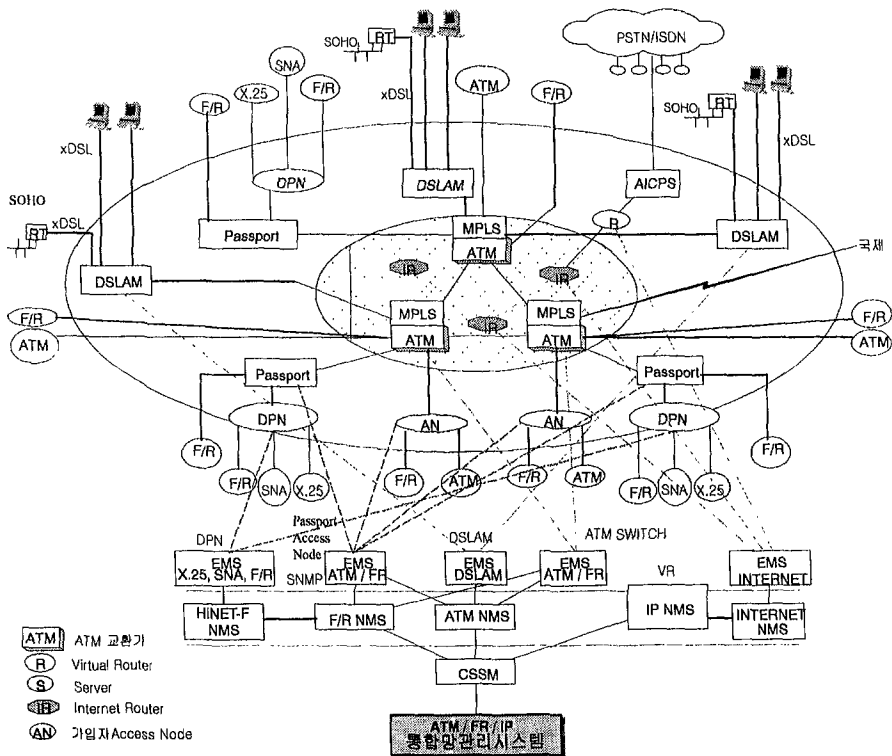


Fig. 4-5. KII network by MPLS

통합망 관리 시스템은 통합망의 서비스 품질을 보장하기 위해서 기존의 다양한 망관리 프로토콜인 SNMP(Simple Network Monitoring Protocol), CMIP(Common Management Information Protocol), Proprietary 등을 통합한 초고속 정보통신망 관리체계를 말한다. 통합망 관리 시스템의 계층구조는 다음의 3계층 구조로 구축한다. 통합망 서비스에 대한 관리와 과금 및 Help Desk, 가입자 망관리(CNM, Customer Network Management), 이용자 정보, 구성 데이터베이스 관리 등을 담당하는 서비스 관리계층(SML, Service Management Layer), 망 측면의 국가망의 구성, 장애 및 성능관리를 지원하는 망관리계층(NML, Network Management Layer), 초고속 정보통신망을 구성하는 통신설비를 관리하는 설비관리계층(EML, Equipment Management Layer)으로 구성한다.

망관리센터는 크게 3분화하여 종합 서비스망 관리센터, 지역망 관리센터, 고객센터 센터로 나누어 구축한다. 초고속 종합서비스망 관리센터에서는 각 지역별 지역망 관리센터에서 수집되는 관리정보를 총괄하고, 초고속 지역망 관리센터에서는 망관리 계층 및 설비관리계층 관장, 고객센터 센터에서는 이용자 요구사항 해결 및 유지보수 등의 이용자 직접 관리를 하도록 구성한다.

데이터 통신망의 고도화를 위해서는 우선 데이터 통신망의 다양한 액세스 방식을 제공하기 위해 액세스망과 백본망으로 구분하여, 액세스망은 다양한 속도와 전송프로토콜, 연결방법, 사용해제 등을 지원할 수 있도록 구축되어야 한다. 또한, 액세스망에 대한 중복투자를 최소화하기 위해 동일한 서비스를 제공하는 상이한 액세스망은 경제성 검토 후 흡수 통합하는 것이 바람직하다. 각 액세스망의 백본망 연결은 경제성, 신뢰성, 기술성, 서비스목적 등을 검토하여 가장 적합한 계층 구조로 구축하며, 서비스별로 구축된 개별망 구조를 점진적으로 망 자원의 효율적 활용이 가능한 ATM 교환기술과 고속전달이 가능한 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)/DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)^[16] 광전송로 기술로 구축되는 복합서비스 망으로 통합하여 추진하며 개별망은 연동을 통해 상호 서비스를 제공하되 운용관리 체계는 표준화하여 단일 운용관리 체계를 구축하는 것이 바람직할 것이다.

초고속 정보통신망 구축은 초고속 멀티미디어 서비스를 보편적

서비스로 제공하고 MPLS 기술을 적용한 발전된 ATM기능을 이용한 지능형 종합정보통신망으로 발전시킨다. 완벽한 접속처리 기능이 있는 다양한 액세스 장치를 수용하여 기존의 모든 통신망과 서비스를 통합하고 Native ATM 서비스는 물론 Non ATM 서비스도 ATM 교환망에서 통합 제공한다. 다원화되어 있는 기존 통신망은 ATM 기술과 동기식 광전송 기술이 기반이 되는 초고속통신망으로 점차 통합 수용하도록 한다.

V. 결 론

최근 인터넷 이용자의 폭발적인 증가와 콘텐츠의 멀티미디어화에 따라 인터넷 이용자의 고속화 욕구에 부응할 수 있는 차세대 기술이 절실히 필요한 실정이다. 본 논문에서는 이에 대한 해결책으로 ATM 고속 스위칭 기술이 갖는 다양한 매체의 고속, 대용량 전송 능력과 높은 대역폭 효율 및 QoS 보장 특성에 인터넷을 통합하여 제공하려는 기술로 부각되고 있는 MPLS 기술을 다각도로 비교 분석하였다.

기존의 라우터 방식의 서비스 제공은 망 규모가 거대해 짐에 따라 라우터 흡수가 증가하여 전송 지연 현상이 불가피하며, 이로 인한 QoS 하락이 따르고, 개별망 구축에 따른 중복투자로 인해 운용비용이 증가함은 물론 Native ATM 서비스는 불가능하다. 또한, ATM 상에서의 인터넷 연동에 대해 IETF에서 정의한 최초의 기술로서 전통적 오버레이 모델인 classical IPOA 기술이 있지만, 이 기술은 확장성 문제에 있어서, ATM 네트워크의 연결관리 능력과 연결 네트워크 수 및 ATM-ARP 서버 용량과 같은 요소에 의해 망 확장성에 제한을 받으므로 대규모 인터넷 망에는 적용이 불가능할 것으로 판단된다.

MPLS 기술을 classical IPOA 등 기존 방식과 비교 분석한 결과 MPLS 기술이 기존의 IP 라우터 또는 classical IPOA 기술에 비해 인터넷 백본망 구축에 적합하고 ATM 가상연결을 활용한 VPN 구성에도 용이하며 라우터 기반 VPN보다 프로세싱 오버헤드가 감소하므로 CoS 제공에 적합하고 ATM망의 QoS를 활용하여 보장형 서비스 제공이 가능하고, DiffServ를 수용하기 용이한 구조를 갖추고 있을 뿐 아니라 인터넷 트래픽 관리가 용이해 지는 등 기존 방식보다 매우 우수한 기술로 판단된다.

시스코 등 각 장비제조사의 MPLS 모델을 비교 분석한 결과 입실톤의 IP 계층 스위칭기술은 흐름별로 매핑정보를 유지해야 하는 등 대규모 망에는 적합하지 않으므로, 인트라넷이나 ISP 망에서 기존 라우터를 대체하는 라우팅 노드로 도입하고, 인터넷 백본망과 같은 대규모 망에서는 매핑정보를 유지하지 않는 시스코의 텍스위칭이나 ATM 스위치를 사용하는 것이 타당한 것으로 보여진다.

기존의 통신망은 서비스별로 별개의 네트워크가 구축되어 있어 중복투자인 상태이며, 운용비용 또한 과다하게 소요되는 물론 각 네트워크간 연동의 한계로 인해 광대역을 필요로 하는 멀티미디어 서비스는 제공이 불가능하다. 따라서, 미래의 초고속 정보통신망은 기존의 라우터 기반 인터넷망을 MPLS 기반의 ATM/인터넷 통합망으로 전환 흡수하고, 트래픽 병목현상 해소와 안정성을 확보하기 위해 인터넷 접속점을 다원화하여 구성하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

현재 IETF의 MPLS W/G을 중심으로 시스코, 도시바, IBM등의 네트워크 장비업체들이 참여한 가운데 IP 계층 스위칭기술의 표준화가 활발히 진행 중에 있으며 조만간 표준안이 발표될 것으로 보여진다. 따라서 급변하는 미래 통신환경에 적절히 대처하기 위해 IETF를 비롯하여 ITU-T, ATM Forum 등 세계 표준화 기구 회의 및 세미나 등에 적극적으로 참여하고, 새로운 기술정보에 대해서 신속히 대처해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/ip_over_atm/index.html.
- [2] Mikael Wolf, "Multiprotocol label switching in ATM networks," *Ericsson Review*, No.1, 1998.
- [3] 정수길, 전홍범, "고속IP전달을 위한 IP계층스위칭기법," *정보통신연구*, 제11권, 1997.
- [4] 민경선, 이규식, "ATM 기반의 인터넷 수용/통합기술," *경영과 기술*, 한국통신, 1998년10월.
- [5] <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>.
- [6] <http://www.atmforum>.
- [7] M.Laubach, "Classical IP and ARP over ATM," *IETF RFC 1577*, Jan. 1994.
- [8] "LAN Emulation over ATM version 1.0," *ATM Forum*, Jan. 1995.
- [9] P. Newman, "Flow Labelled IP: A Connectionless Approach to ATM," *IEEE Infocom 96*, Mar. 1996.
- [10] Goran Hagard and Loa Andersson, "The future of IP backbone technology," *White papers*, Feb. 1998.
- [11] Loa Andersson and Tove Madsen, "MPLS solutions for high capacity IP network," *Ericsson Andre Fredette, Bay Networks*, Mar. 1998.
- [12] T. Zang, "ATM Switching, IP Switching, and IP Routing : A Study of Network Capabilities and Key Issues," *Bellcore Horizons Deliverable 3.1*, Feb. 1997.
- [13] Y. Rekhter, "Tag Switching Architecture Overview," *RFC 2105*, Feb. 1997.
- [14] Y. Katsube, "Router Architecture Extensions for ATM," *RFC 2098*, Feb. 1997.
- [15] 전자통신연구원, *ATM상의 인터넷 서비스 기술개론*, 진한도서, 1999.
- [16] 엄주옥, "초고속망," *한국통신*, 1999.
- [17] P. Newman, "Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4," *RFC 1953*, May 1996.

- [18] P. Newman, "General Switch Management Protocol Specification," *RFC 1954*, May 1996.
- [19] P. Doolan, "Tag Distribution Protocol," *Internet draft*, Sept. 1996.
- [20] K. Nagami, "Flow Attribute Notification Protocol Specification," *RFC 2129*, Apr. 1997.
- [21] ITU-T SG13, Q.20, The Living List of Iipatm, Ottawa Canada Sept. 1998.
- [22] <http://www.nca.or.kr/data/whitepaper/1998/3.html>
- [23] 한국전자통신연구원, "MPLS시스템 개발방안," Spr. 1999.

ABSTRACT

MPLS Technology Analysis for Integration of ATM and Internet

Yeong Eon Kim.

Dept. of New Media Graduate School of
Information and Telecommunications, University of Incheon
Incheon, Korea

In this thesis, MPLS(Multi-protocol Label Switching) technology is analyzed for integration of ATM(Asynchronous Transfer Mode) and Internet by comparing MPLS with classical IPOA(IP over ATM) and IP(Internet Protocol) router.

IETF(International Engineering Tack Force) defined classical IPOA for running IP over ATM which is a traditional overlay model, as the first technology. But in terms of scalability, the size of network is limited by factors such as ATM-ARP(Address Resolution Protocol) server capacity, the number of ATM connections and connection handling capacity of ATM network, so it seems that IPOA can't be applied to large sized network. And performance and capacity of IP routers are improving at a fast rate, but customer requirements for more bandwidth are increasing even faster.

MPLS technology controls the establishment and discharge of hop-to-hop ATM link, so it maintains the unlink characteristic of IP. And high speed IP packet switching is possible in the ATM layer by using inherent characteristics of ATM such as QoS(Quality of Service) and multicast capabilities. MPLS has more merits over the traditional construction of the IP router and IPOA since the mechanism for IP transferring is simple and network construction is easy.

As the result of analysis, it seems that MPLS is the most favored candidate for integration of ATM and Internet although MPLS is not originally designed for providing internet service over ATM. MPLS has very rapidly become the most favored candidate for providing internet service over ATM in WAN(Wide Area Network) and in public networks, since MPLS shows the properties of high performance, continuously operating capability, and high scalability of data communication networks. Also MPLS can introduce powerful network traffic engineering, such as network tuning and traffic management mechanisms into data communications networks.

감사의 글

“인간의 삶의 현실에서 모든 도전을 이겨내는 데는 늘 용기가 필요하다. 바람 부는 대로 물결치는 대로 흘러만 가는 인생이 아니고, 늘 삶의 현실과 대결하고 새로운 삶의 차원을 개척해 나가야 하는 인생에 있어서는 불가결의 덕목이라 하겠다.”

-이규호, 『만약 인생이 싸움이라면 용기를 가져라』 중에서...

대학원 생활을 마감하는 시점에서 그 동안 저에게 많은 도움을 주셨던 많은 분들께 이 지면을 통해 감사의 마음을 전하고 싶습니다.

2년 동안 부족함이 많은 저에게 학문뿐만 아니라, 삶에 대해서도 깨우쳐 주신 양운근 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 좋은 논문이 될 수 있도록 심사해 주신 박종옥 교수님과 전석희 교수님께 감사드립니다.

어렵게만 느끼던 정보통신이란 학문을 접하기 시작한지 어느덧 2년이란 시간이 흘렀습니다. 그 짧지 않은 시간동안 많은 것을 배우고, 하나라도 더 깨우치고자 하는 욕구와 깨우침의 기쁨은 저를 이끌어 주는 희망이었습니다. 힘들었지만 즐거웠던 대학원 생활을 함께 하며 연구에 많은 도움을 주신 김영옥, 지차남, 변병길, 송길조, 윤상현, 정숙향, 채인숙 등 원우 여러분께 감사드립니다.

그리고, 지금까지 지켜봐 주시고 격려해 주신 여러 친지 어른들께 감사드리며, 항상 염려하시고 뒷바라지해 주신 어머님께 다시 한번 감사의 뜻을 전합니다. 이 논문이 저에게 베풀어주신 모든 분의 사랑에 조금이나마 보답이 되길 진심으로 바랍니다.

1999년 12월
김영언 올림