

主題

초고속인터넷 백본망 구성기술 분석

한국통신 정수길, 최영숙, 전홍범

차례

- I. 서론
- II. IP 전달망 구성 기술
- III. ATM 기반의 IP 백본망 기술
- IV. Pure IP 백본망 기술
- V. 초고속인터넷 백본망 전개방향
- VI. 결론

I. 서론

전세계적으로 불어 닥친 인터넷 열풍으로 인해 인터넷 사용자와 호스트는 급속하게 증가하고 있고, 인터넷 트래픽은 매 6개월 마다 2배로 증가하는 추세에 있다. 또한 인터넷을 통한 고속 데이터 서비스, IT (Internet Telephony) 및 실시간 멀티미디어 서비스는 전송 대역폭의 증가와 함께 QoS의 보장을 필요로 하고 있다.

이에 따라 폭발적으로 증가하는 인터넷 트래픽을 수용하면서 다양한 응용이 요구하는 QoS를 보장하고, 향후 인터넷의 지속적인 성장에 대처할 수 있는 유연한 망구조와 전송 기술의 선택은 매우 중요한 이슈로 대두되고 있다.

한편 기존의 회선교환 TDM (Time Division Multiplexing) 전송 시스템은 고정된 대역폭을 갖는 저속의 음성신호의 전송에 적합하고, 매우 안정된 운용구조를 가지고 있다. 이와 같은 회선교환

TDM 전송 시스템은 공중망에서 인터넷 트래픽이 비교적 적은 부분을 차지하는 경우에는 인터넷 트래픽의 유연한 수용과 함께 안정된 성능을 유지할 수 있었다.

그러나 최근 몇 년간 인터넷 트래픽은 급격하게 증가하였고, 트래픽의 버스티한 특성과 송/수신 트래픽의 대역폭 비대칭성으로 인해 회선교환 TDM 전송 시스템으로는 인터넷 트래픽을 효율적으로 수용할 수 없게 되었다.

이에 따라 인터넷 트래픽의 대부분을 차지하고 있는 IP 트래픽의 고속 전달을 위한 IP/ATM (IP over ATM), IP/SDH (IP over SDH) 및 IP/WDM (IP over WDM)과 같은 다양한 기술이 등장하였고, 공중통신망 사업자와 자체 백본망을 보유한 ISP(Internet Service Provider)에게는 이들 기술의 적절한 선택과 선택된 기술을 적용한 초고속인터넷 통신망 구조의 정립과 구축이 매우 시급한 시점에 와 있다.

본 고에서는 단대단 (end-to-end) IP 트래픽의 고속 전달을 위한 IP/ATM, IP/SDH와 IP/WDM 기술의 구조적인 장/단점을 분석하고, 이들 기술이 초고속인터넷 백본망의 IP 전달망 구성 기술로서 적용될 때 고려하여야 할 망의 확장성 (scalability)과 안정성 (stability) 및 기술적 이슈 들을 비교 분석하여, 초고속인터넷 백본망의 기술적인 발전 방향을 제시하여 보겠다.

II. IP 전달망 구성 기술

초고속인터넷 백본망에 적용될 수 있는 IP 전달 기술과 구조는 (그림 1)과 같이 ATM 계층 위에 IP 계층이 연동되는 IP/ATM으로 구성하는 방안과 SDH, WDM (Wavelength Division Multiplexing)과 같은 대용량 전송망 위에 직접 고속 IP 라우터를 인터페이스시켜 IP/SDH 또는 IP/WDM으로 구성하는 방안으로 크게 나눌 수 있다.

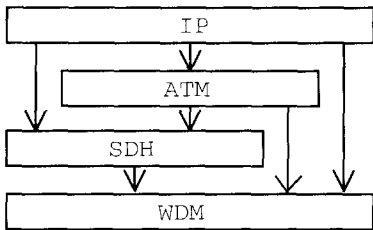


그림 1. IP 전달 기술과 구조

먼저, IP/ATM에서는 ATM이 제공하는 고속 셀스위칭 능력과 트래픽 엔지니어링 및 QoS 제공 능력을 이용하여, ATM을 백본 스위칭망의 핵심 기술로서 도입하고, IP는 사용자 응용과 직접 인터페이스 시켜 고속의 IP 전달망을 구성하는 것이 목적이다.

그러므로 이와 같은 방안에서는 IP와 ATM의 기능적인 결합을 통해서 IP와 ATM의 연동을 위한 최적의 네트워킹 환경을 구현하는 것이 필요하다.

현재 IP/ATM을 구현하는 방안으로는 IETF의 CIPOA (Classical IP over ATM)[1], NHRP (Next Hop Resolution Protocol)[2]와 MPLS (Multiprotocol Label Switching) [3], ATM 포럼의 LANE (LAN Emulation) [4]과 MPOA (Multiprotocol over ATM)[5] 등을 들 수 있다.

두번째 방안인 IP/SDH[6], IP/WDM[7]에서는 IP/ATM의 오버레이 구조가 갖는 각 계층별 유사한 기능을 최소화하고, IP 기반의 간결한 계위 (layering) 구조로 단순화 시켜 네트워킹 및 트래픽 전송효율을 높이는 것이 목적이다.

그러므로 이와 같은 방안에서는 고속 대용량의 전송망을 기반으로 효율적인 IP 라우팅망의 구성과 망의 안정성을 확보하기 위한 복구 (restoration) 기능, ATM 계층이 수행하는 트래픽 엔지니어링과 QoS 제공 능력이 요구된다.

본 고에서는 대규모 망 전개 측면을 고려하여 ATM PVC 망과 MPOA 및 MPLS, IP/SDH와 IP/WDM에 대해서 구조적인 장/단점을 분석하고, 초고속인터넷 백본망의 IP 전달망 기술로서 이들 기술의 적용 가능성에 대해 기술한다.

III. ATM 기반의 IP백본망 기술

1. ATM PVC기반 IP백본망

1990년대 중반, IP 라우터의 링크 속도는 T3 급이 대부분을 차지하였으며, 이와 같은 저속 IP 라우터로 구성된 백본망은 폭발적으로 증가하는 IP 트래픽을 적절히 처리하지 못하게 되었다.

이로 인해 IP 라우터간의 저속 링크는 성능상의

병목현상을 초래하였고, 이를 해결하기 위해 (그림 2)와 같이 OC-3 인터페이스를 갖는 ATM 스위치를 사용한 PVC 망 구성이 ISP 망에 많이 도입되었다.

실제로 (그림 2)와 같은 망구성은 IP 라우터를 연결하는 고속의 IP 파이프를 제공하여 백본망의 병목현상을 해소하였고, ATM이 제공하는 트래픽 엔지니어링 기능을 이용해 IP 트래픽을 여러 링크에 적절히 분배할 수 있는 장점을 가지고 있다.

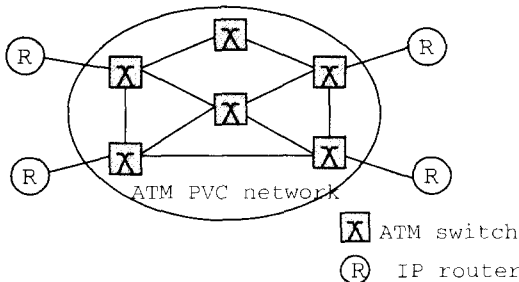


그림 2. ATM PVC 기반 IP백본망

그러나 ATM과 IP 망이 기능적으로 분리된 계층 망을 형성하므로써 다음과 같은 구조적인 제약사항을 가지고 있다.

첫째, 물리적인 ATM 망과 논리적인 IP 망의 토폴로지가 다르다는 점이다. 따라서 IP 라우터간에는 완전한 메쉬 구조의 논리적인 ATM 연결을 필요로 하고, 라우팅 피어의 수가 급격하게 증가하는 단점이 있다.

이와 같은 구조에서 N개의 IP 라우터를 상호 연결하기 위해서는 $O(N^2)$ 개의 PVC가 필요하고, 라우팅 피어 간 교환되는 라우팅 트래픽이 증가하여 IP 라우터의 처리 부하를 증대시킨다.

둘째, IP 라우터를 추가로 설치할 때 마다 ATM과 IP 계층에서 새로운 구성 (configuration)이 필요하다는 점이다. 즉 모든 IP 라우터가 완전한 메쉬 형태로 연결되도록 PVC를 재구성해야 하고,

새로운 IP 라우팅망의 구성이 필요하기 때문에 확장성 측면에서 제약이 있다.

셋째, IP와 ATM이 계층적으로 분리되어 있기 때문에 망관리 체계가 복잡하다. 즉 두 망을 별도로 관리하고 운용해야 하기 때문에 비용이 증가한다.

이와 같이 IP 트래픽과 노드의 증가에 따른 확장성 문제와 운용의 복잡성으로 인해 ATM PVC 망 구성은 제한적으로 운용될 것으로 보여진다.

향후 인터넷의 지속적인 성장에 따른 망용량 증설의 필요성과 고속 IP 전달 기술의 발전에 따라 기 구축된 ATM 망 설비를 이용하여 다른 ATM 기반 IP 전달망 구조로 진화하거나, IP/WDM과 같은 대용량의 IP 기반 전달 기술에 의해 대체될 것으로 보여진다.

2. MPOA

CIPOA는 IP 라우터에 기반한 전통적인 계층-3 통신환경을 ATM 망에서 에뮬레이션하기 때문에 LIS (Logical IP Subnet)를 벗어나는 IP 트래픽은 IP 라우터를 거쳐 목적지까지 전달된다.

이로 인해 동일한 ATM 망에 연결되어 있는 원천지와 목적지간에도 직접 VCC (Virtual Channel Connection)를 설정할 수가 없게 되어 ATM 망이 제공하는 고속 스위칭과 QoS 능력을 제대로 이용할 수 없고, IP 라우터에서 패킷 처리로 인한 지연이 발생한다. 마찬가지로 LANE에서도 이와 같은 제약사항이 있다.

반면 MPOA는 LANE와 NHRP를 통합한 IP/ATM 메커니즘으로, LANE 기반 통신환경에서 LIS 간 유니캐스트 트래픽의 효율적인 전송을 목적으로 개발되었다.

즉 IP 트래픽의 목적지가 같은 LIS 내에 있으면 LANE을 통해 IP 트래픽을 전달하지만, 다른 LIS에 있는 경우 NHRP를 이용하여 목적지 ATM 주소를 해결한 다음, 원천지와 목적지간에 직접 SVC

를 설정한 후 IP 트래픽을 전송한다.

따라서 CIPOA와 LANE에서 채택하고 있는 라우터 기반 홉대홉(hop-by-hop) 전달에 비해 IP 전달 성능을 높일 수 있고, 망자원을 효율적으로 사용할 수 있다.

가. 망 구성

MPOA의 논리적인 구성 요소로는 MPC (MPOA Client)와 MPS (MPOA Server)로 나눌 수 있다. 이중 MPC는 ATM 단말 또는 에지 장치(edge device)에 구현되는데, 에지 장치는 LAN 세그먼트와 MPOA 망을 연결하는 역할을 담당하며, 브릿지 또는 라우터가 될 수 있다.

한편 MPS는 IP와 ATM 주소의 매핑과 IP 토폴로지 정보를 유지하고, MPC에게 NHRP 절차를 통해 얻어진 포워딩 정보를 제공한다.

MPC 간 IP 트래픽은 트래픽 특성에 따라 홉대홉 경로 또는 MPC 간 설정되는 VCC를 통해 전달되며, (그림 3)은 MPOA 망 구성도와 IP 전달 경로를 보여준다.

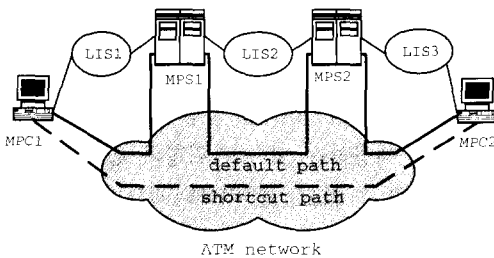


그림 3. MPOA 망 구성도와 IP 전달경로

최초에 MPC1의 IP 패킷은 MPS1과 MPS2를 거쳐 MPC2 까지 IP 라우팅 경로를 따라 전달된다. 만일 일정시간 동안 MPC2로 전달되는 IP 패킷의 수가 임계치(threshold)를 초과하면 MPC1은 MPS1에게 MPC2의 ATM 주소 요청을 한 다음, MPS1과 MPS2 간 NHRP 절차에 따라 얻어

진 MPC2의 ATM 주소를 받은 후 MPC2와 직접 SVC를 설정한다.

이후 IP 트래픽은 MPC1과 MPC2 간에 설정된 VCC를 통해 전달된다.

나. 기술 분석

MPOA의 구조적 특징은 IP 라우터가 수행하는 라우팅과 포워딩 기능을 물리적으로 분리하여, MPS와 MPC가 각각 가지도록 하는 것이다. 즉 MPS는 주소 매핑과 라우팅 정보만을 관리하고, MPC는 MPS로부터 받는 목적지 MPC의 ATM 주소를 이용하여 ATM 망을 통해 패킷을 포워딩한다. 여기서 ATM 망은 라우터의 스위칭 패브릭 역할을 수행한다. 따라서 MPS, MPC 및 ATM 망은 하나의 가상 라우터(virtual router)로 볼 수 있다.

이와 같이 MPOA는 다른 LIS에 있는 MPC 간 SVC의 설정 기능과 가상 라우터의 개념을 도입하므로써 다음과 같은 구조적인 장점을 갖는다.

- IP 라우팅에 참가하는 노드의 수를 줄이고, 대신 포워딩 기능을 갖는 MPC를 늘리는 것에 의해 확장성을 높일 수 있다.
- MPC 간 직접 설정되는 VCC를 통해 고속 IP 패킷 전달이 가능하다.
- 에지 장치는 IP 라우팅에 참가하지 않고, 포워딩 기능만을 수행하기 때문에 에지 장치의 복잡성과 라우팅에 참가하는 노드의 수를 줄일 수 있다.
- 단대단 ATM QoS를 지원할 수 있다. 단 LIS 간 트래픽에는 UBR(Unspecified Bit Rate)만 지원된다.

반면 단점으로는 MPOA가 점대점(point-to-point) 연결만을 지원하기 때문에 IP 멀티캐스트를 효율적으로 지원하기가 어렵다는 점이다. 즉 IP 멀티캐스트 트래픽은 MPS에서 패킷 단위로 처리되어야 하고, 이로 인해 MPC간 설정되는 SVC의 장

점을 이용할 수 없는 것이다.

이와 같은 MPOA의 특성으로 인해 멀티캐스트 트래픽이 증가할 때 망의 확장성이 저하되고, MPS가 성능상의 병목지점이 될 수도 있다.

또 다른 고려 사항으로는 QoS 제공 측면을 들 수 있다. 즉 LIS 내의 트래픽에 대해서는 LANE2.0에서 규정하는 다양한 QoS 제공 능력을 이용할 수 있지만, LIS간 VC 연결에서는 UBR 만 지원된다.

또한 MPOA의 멀티캐스트 지원 특성상 멀티캐스트 트래픽에 QoS를 지원하기 위해서는 IP 계층의 QoS 제공 메커니즘을 이용해야 하므로, ATM이 지원하는 QoS 제공 능력을 충분히 이용할 수 없게 된다.

3. MPLS

1996년 초반, Ipsilon에 의해 IP 라우팅과 ATM 스위칭을 결합한 IP 스위칭[8] 제품이 출시된 이래로, 레이블 스위칭 (label switching) 기술은 IP 라우터의 고속화와 IP/ATM의 새로운 방안으로 대두되었다.

이에 Cisco를 비롯한 유수의 벤더들은 태그 스위칭 (tag switching)[9], CSR (Cell Switch Router)[10] 등과 같은 고유의 레이블 스위칭 기술을 발표하였고, IETF의 MPLS W/G에서는 레이블 스위칭 기술의 표준화를 진행하고 있다.

레이블 스위칭 기술의 주된 목적은 전통적인 IP 라우터에서 수행되는 패킷 단위의 재조립과 포워딩, 가장 긴 네트워크 루트 정합 (longest prefix match)과 같은 IP 계층의 프로세싱을 최소화하는데 있고, 이는 IP 계층의 라우팅 정보를 ATM 계층의 레이블에 매핑시켜 IP 패킷을 ATM 계층에서 직접 포워딩함으로써 달성된다.

이와 같이 IP와 ATM의 결합을 통하여 IP의 비연결형 특성과 ATM의 QoS 보장, 트래픽 엔지니

어링 및 고속 셀스위칭 능력이 상호 보완되어 고속의 IP 패킷 전달이 가능해지는 것이다.

레이블 스위칭 기술은 레이블을 할당하는 방법에 따라 다양하게 분류될 수 있는데, 본 고에서는 토폴로지 기반 ATM MPLS에 대해서만 고려한다.

가. 망 구성

다음 (그림 4)는 일반적인 MPLS 망 구성도와 IP 전달 경로를 보여준다. LSR (Label Switching Router)은 LIS를 연결하는 MPLS 라우터이며, LSR간 IP 패킷은 홑대홑 경로 또는 ATM 계층에서 직접 스위칭될 수 있다. 이와 같은 IP 계층의 포워딩 또는 ATM 계층의 스위칭에 대한 결정은 트래픽의 특성과 각 LSR의 자체적인 정책 (policy)에 따라 달라질 수 있다.

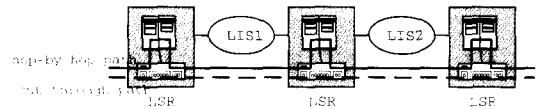


그림 4. MPLS 망 구성도와 IP 전달경로

실제로 IP 패킷 스트림이 ATM 계층에서 스위칭되기 위해서는 먼저 그 스트림의 입구 (ingress) LSR과 출구 (egress) LSR간에 LSP (Label Switched Path)가 설정되어야 한다. 이를 위해 LSR은 IP 라우팅 정보를 참조하여 IP 루트 (route)에 입력 레이블을 할당하고 IP 루트와 입력 레이블의 바인딩 정보를 상위 (upstream) LSR에게 알려준 다음, 동일한 IP 루트에 대해 하위 (downstream) LSR로부터 출력 레이블을 수신하면 입력 레이블과 출력 레이블의 매핑을 ATM 계층에서 유지한다.

이와 같은 절차를 통해 LSP 상에 있는 각 LSR이 특정 IP 루트에 연관된 입/출력 레이블을 가지면, 그 LSP를 따르는 IP 패킷 스트림은 IP 계층을 거치지 않고 ATM 계층에서 직접 스위칭된다.

나. 기술 분석

CIPOA, MPOA와 같은 오버레이 모델에서는 ATM과 IP가 별도의 라우팅과 주소 체계를 가져 계층적으로 분리되어 있기 때문에 ATM 주소해결 서버가 필요하고, 이원화된 라우팅과 주소체계는 망의 복잡성과 노드의 처리부하를 증대시킨다.

반면 MPLS는 주소체계와 라우팅 기능을 IP로 일원화하고, ATM은 IP 패킷의 포워딩을 위한 고속 스위칭 기능만을 수행한다. 따라서 IP와 ATM은 토폴로지가 동일하게 되어 별도의 주소 서버가 필요 없게 되고, IP와 ATM의 연동 (interworking)이 단순화되는 구조적인 특징을 갖는다.

MPLS는 다음과 같은 구조적인 장점을 갖는다.

- ATM 계층에서 별도의 주소체계와 라우팅 프로토콜을 운영하지 않기 때문에 IP와 ATM의 연동을 최소화할 수 있고, 망의 복잡성을 줄일 수 있다.
- LES (LANE Server), MPS와 같은 주소 해결 서버가 필요 없다. 따라서 주소해결 서버의 오류로 인한 잠재적인 망 안정성의 저하가 일어나지 않는다.
- IP와 ATM의 토폴로지가 같기 때문에 IP 멀티캐스트 트리를 구성하는 노드간 하나의 VC만 필요하고, 동일한 링크상에서 패킷의 복사가 일어나지 않는다. 즉 멀티캐스트 트리의 분기점 (branching point)에 위치한 LSR은 입력 레이블과 다수의 출력 레이블을 바인딩하고, ATM 스위칭 패브릭의 셀복사 기능에 의해 다수의 출력 인터페이스로 트래픽을 포워딩하면 된다.

이와 같은 구조적 장점 외에도 연결 지향형 ATM 기술을 레이블 스위칭 기술로 채택함으로써 얻어지는 트래픽 엔지니어링 제공 능력을 들 수 있다. 즉 LSR로 구성되는 IP 망에서도 트래픽 부하를 여러 링크에 분산할 수 있고, 홉대홉 라우팅이 아닌 정책이나 QoS에 기반한 라우팅을 할 수 있는 것이다.

4. 적용성 분석

앞에서 살펴본 바와 같이 MPOA와 MPLS는 단대단 IP 전달 성능을 높이기 위해서 IP와 ATM의 결합이라는 동일한 개념적 특성을 가지고 설계되었다.

이와 같은 특성은 MPOA에서는 MPS를 거치지 않고 MPC 간 직접 SVC를 설정하는 데서 나타나고, MPLS에서는 LSR내에서 IP 계층을 거치지 않고, 직접 ATM 계층에서 스위칭하는 데서 나타난다.

이와 같이 ATM을 기반으로 고속 IP 전달을 목적으로 하는 MPOA와 MPLS 기술을 백본망에 적용할 때 주요 고려사항으로는 확장성, 안정성, QoS 제공 능력, 망구축 및 운용 비용 등을 들 수 있고, 이들 중 대규모 망의 전개에 있어 필수적인 확장성과 안정성 측면에서 비교 분석하여 보겠다.

가. MPOA

MPOA에서는 IP 라우팅에 참가하는 노드의 수를 줄여 IP 라우팅 확장성을 높일 수 있다. 이는 예지 장치는 라우팅에 참가하지 않는다는 점과 각 MPS는 여러 개의 ATM 스위치에 연결된 MPC를 관리하기 때문에 하나의 ATM 스위치가 IP 라우터로서 동작하는 MPLS에 비해 라우팅 피어의 수가 줄어들어 상대적으로 적은 수의 라우팅 엔트리를 관리하기 때문이다.

이와 같은 요인으로 인해 IP 라우팅 확장성은 커지는 반면에 MPC와 MPS 간에 사용되는 클라이언트/서버 모델의 네트워킹 프로토콜과 환경을 구축해야 하고, MPS가 IP와 ATM 주소 매핑을 유지하면서 ATM 주소해결 요청을 처리해야 하기 때문에 망의 복잡성을 증가시키는 요인이 되기도 한다.

즉 MPS는 IP 망의 토폴로지 정보 외에 각 MPC에 대한 IP와 ATM 주소매핑을 유지해야 하는 것이다. 따라서 MPS의 주소매핑 저장과 주소

해결 요청을 처리하는 능력은 MPS가 관리할 수 있는 MPC의 수와 밀접한 관련을 갖게 되고, 이는 망의 확장성에 영향을 미친다.

망의 확장성에 영향을 미치는 또 다른 요인으로는 PNNI (Private Network-to-Network Interface)와 같은 ATM 라우팅 프로토콜의 확장성을 들 수 있고, 본 고에서는 이에 대해서는 다루지 않는다.

한편 MPOA에서 사용되는 클라이언트/서버 모델로 인해 MPS에 오류가 발생했을 때 망의 안정성이 저하될 수 있다. 만일 MPS에 오류가 발생하게 되면 MPS가 관리하는 LIS 내의 MPC는 다른 LIS에 속한 MPC와 직접 VCC를 설정할 수 없을 뿐만 아니라 망의 나머지 부분과 고립되는 결과를 초래할 수 있기 때문이다.

망의 확장성과 안정성 측면 외에 고려할 사항으로는 MPOA가 주로 기업사설망 또는 캠퍼스 환경에서 IP/ATM 네트워킹에 중점을 두고 개발되었다는 점이다. 즉 MPC와 MPS의 구성과 이들 간의 식별을 위해 LANE을 이용해야 하며, 이와 같은 LANE 기반 환경은 기업사설망에서는 적절하지만, 공중망에서는 기존 LAN 뿐만 아니라 점대점 액세스 링크까지도 지원해야 한다.

이와 같은 이슈에 대해서는 MPOA에서 FR (Frame Relay) 링크를 지원하기 위한 MPOA-FR 연동 모델에 대해서만 표준화가 진행되고 있다[11].

또한 MPOA의 현재 규격이 UBR 서비스만 지원되기 때문에 사용자의 서비스 요구사항을 제대로 수용할 수가 없고, QoS기반 IP망과의 연동이 용이하지 않다.

따라서 MPOA가 백분망에 적용되기 위해서는 위에서 살펴본 바와 같이 망의 확장성과 안정성 및 점대점 액세스 링크 지원 측면, 다양한 QoS 제공 및 점차 증가하고 있는 IP 멀티캐스트 트래픽에 대한 효율적인 지원과 관련된 기술적인 이슈에 대한

보완이 선행되어야 할 것으로 보여진다.

나. MPLS

MPLS에서 사용되는 확장성의 척도 중의 하나는 각 LSR이 단일 링크에 대해 유지하는 레이블의 수를 들 수 있다. 만일 VC 병합 (merge) 기능이 지원되지 않은 N 개의 LSR로 구성된 MPLS 도메인에서 단일 방향으로 LSR 간의 링크에서 필요한 최대 레이블의 수는 $O(N^2)$ 가 된다.

한편 IETF MPLS 규격에서는 필요한 레이블의 수를 $O(N)$ 으로 줄이는 것으로 목표로 하고 있으며, ATM MPLS에서 실현 가능한 방안으로는 VC 병합 기술과 동적인 LSP 설정 등을 들 수 있다.

그러나 VC 병합에서는 모든 LSR이 VC 병합 기능을 가져야 하며, 트래픽이 하나의 VC로 한서집에 따라 VC 기반 ATM QoS를 제공할 수 없고, 셀 단위의 고속 스위칭이 불가능한 제약이 있다. 한편 동적으로 LSP를 설정하는 경우에는 링크간 레이블의 이용성 (utilization)은 향상될 수 있지만 근본적인 해결책은 아니다.

실제로 원천지와 목적지간에는 여러 개의 VC가 설정될 수 있고, 서비스 클래스 별로 QoS를 제공하는 경우까지 고려하면 더욱 많은 VC가 소비되기 때문에 레이블 확장성 문제는 해결해야 될 중요한 이슈 중의 하나이다.

MPLS의 안정성 측면에서 볼 때 고려 사항으로는 계층-2 루핑 (looping)과 부분적으로만 설정되는 LSP 구성을 들 수 있다.

먼저 계층-2 루핑은 노드간 라우팅 정보의 불일치로 인해 발생하는 것으로 망 혼잡을 야기하고, 망의 성능을 저하시킬 수 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로는 각 LSR에서 하위 LSR ID 정보를 저장하여 루프를 방지하는 루프 방지 (prevention)와 LDCP (Loop Detection Control Protocol) 패킷을 사용하여 루프를 감지하는 루프 감지 (detection)가 있다.

두번째 제약으로는 원천지와 목적지간 경로상의 일부 노드가 레이블 스위칭을 지원하지 않거나 LSP를 설정할 수 있는 충분한 자원을 갖지 못할 경우 단대단 LSP가 설정되지 않을 수도 있다는 점이다.

따라서 레이블 스위칭이 지원되지 않는 링크에서는 ATM QoS를 제공할 수 없으며, IP 계층의 포워딩을 통해 트래픽을 전달해야 한다. 이로 인해 레이블 스위칭이 지원되지 않는 노드는 잠재적인 트래픽 병목지점이 될 수 있는 것이다.

MPLS는 위와 같은 확장성과 안정성에 대한 잠재적인 제약에도 불구하고 MPOA에 비해 백본망에 적용하기가 용이한 것으로 보여진다.

이는 MPLS가 분산 IP 라우팅 체계가 갖는 유연성 (flexibility)과 안정성을 유지하면서 효과적인 IP 멀티캐스트의 지원이 가능하고, ATM이 제공하는 트래픽 엔지니어링과 QoS 제공 능력을 이용할 수 있기 때문이다.

또한 향후 MPLS 기술의 지속적인 발전과 상용 LSR의 VC 지원 능력과 성능 향상이 이루어질 것으로 보이기 때문에 확장성과 안정성에 대한 기술적인 문제는 보완되거나 해결될 것으로 보인다.

IV. Pure IP백본망 기술

1. IP/SDH

전통적으로 SDH는 음성 트래픽의 다중화와 전송을 위해 최적화된 TDM 기술에 기반하고 있으며, OC-192 급에 이르는 대용량 전송 능력과 MSP(Multiplex Section Protection)와 같은 고성능의 복구 능력을 갖는 매우 안정적인 망이다.

IP/SDH는 이와 같은 SDH 망의 대용량 전송 능력과 고성능 복구 능력을 이용하여 IP 계층을 직접 SDH 계층에 접속시켜 대규모 IP 트래픽의 효과적인 전송을 위한 기술로, 이는 보다 세밀한 OoS를

제공하면서 고속의 패킷 포워딩이 가능한 고속 IP 라우터와 OC-192 급의 ADM (Add/Drop Multiplexer)과 같은 대용량 SDH 장치 개발에 따라 현실화 되었다.

또한 IP 라우터에서 ATM SAR (Segmentation and Reassembly) 기능 구현의 복잡성으로 인해 ATM 인터페이스 속도를 OC-48 급 이상으로 높이기가 현실적으로 어렵다는 점도 IP/SDH가 백본망의 IP 전달 기술로서 부각되는 이유 중의 하나이다.

현재 Cisco의 GSR12000 라우터에서는 OC-48 SDH 인터페이스가 지원되고 있으며, OC-192 SDH 인터페이스를 개발 중에 있다.

가. 망 구성

실제로 IP/SDH의 프로토콜 스택은 IP/PPP/HDLC/SDH의 구조를 갖는데(12), PPP는 여러 프로토콜의 인캡슐레이션과 링크 초기화 및 점대점 링크의 설정을 담당하고, HDLC (High-Level Data Link Control)는 수신측에서 PPP 패킷 단위의 경계 식별 (delineation)을 위해 사용된다.

(그림 5)는 링 구조를 기반으로 하는 IP/SDH 망의 일반적인 구성을 보여준다.

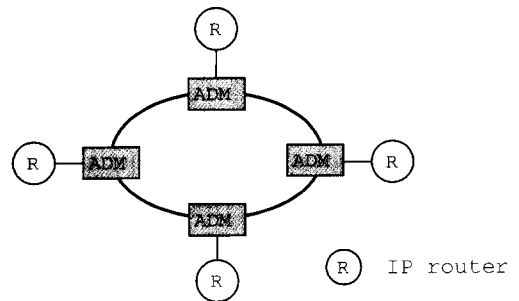


그림 5. IP/SDH 망 구성도

IP 라우터는 SDH 인터페이스를 통해 ADM에 직접 연결되며, IP 라우터 간에는 PPP 연결을 설

정하여 IP 트래픽을 전달한다.

나. 기술 분석

앞에서 기술한 바와 같이 IP/SDH는 IP 계층을 SDH 계층에 직접 접속시켜 IP/ATM의 오버레이 구조가 갖는 각 계층별 유사한 기능을 최소화하고, ATM에 의해 야기되는 대역폭 오버헤드를 제거하므로써 링크 전송효율을 높이기 위한 기술로, IP/SDH가 갖는 장점은 다음과 같다.

첫째, IP 라우터간의 링크에서 전송효율이 IP/ATM에 비해 좋다는 점이다. 즉 IP/ATM에서도 SDH 전송망을 사용한다고 가정할 때, ATM과 AAL5 계층의 오버헤드, LLC/SNAP 인캡슐레이션 오버헤드 및 IP 패킷의 실제 크기 분포를 고려하면 cell tax로 통칭되는 약 20-25%의 대역폭 오버헤드가 있다.

반면 IP/SDH에서는 각 IP 패킷에 대해 PPP 헤더와 HDLC 프레임화에 따른 7바이트의 오버헤드와 PPP 패킷 패딩(padding)에 따른 오버헤드만 있다. 따라서 IP/ATM의 경우 OC-48 링크에서는 대략 하나의 OC-12 만큼 대역폭 오버헤드가 있는 것이다. 이와 같은 20-25%에 달하는 대역폭의 손실로 인해 특정 IP 링크에 대한 IP 트래픽 이용률(utilization)이 매우 높은 경우 별도의 IP 파이프가 필요할 수도 있다.

둘째, IP/ATM에 비해 망관리가 용이하고 운용 비용이 줄어든다. 즉 IP/ATM에서는 IP가 ATM 망에 오버레이 되어 있기 때문에 두 개의 망을 별도로 관리해야 하고 망관리 체계가 복잡해진다.

셋째, IP/ATM에 비해 망 구축 비용을 줄일 수 있다. 일반적으로 IP/ATM도 SDH 계층 위에 구축된다는 점을 감안하면 ATM 스위치의 비용 만큼 망 구축 비용을 줄일 수 있는 것이다.

위에서 기술한 IP/ATM의 전송효율은 단순히 IP 패킷을 ATM 셀화하기까지 거치는 계층 별 프로토콜 오버헤드와 IP 패킷 크기에 따른 오버헤드

측면에서 분석한 것이다.

그러나 TDM 전송방식인 SDH에서는 IP 라우터간 전송되는 트래픽의 양이 적은 경우에도 SDH 링크 대역폭을 모두 점유하기 때문에 오히려 IP/ATM의 경우보다 대역폭의 낭비가 심할 수도 있다.

즉 IP/ATM의 경우에는 ATM 스위치를 사용하여 얻을 수 있는 트래픽의 통계적 다중화 이득이 있고, VP (Virtual Path) 단위로 SDH 링크 사용을 제어할 수 있는 ATM ADM을 사용하는 것에 의해 링크 이용율을 높일 수가 있기 때문이다.

이와 같은 점을 고려할 때 IP 라우터간 링크의 IP 트래픽 이용율이 높은 경우에는 IP/SDH가 유리할 것으로 보여진다.

또한 IP/SDH에서는 ATM 계층을 배제하므로써, ATM 계층이 수행하던 QoS 제공 및 트래픽 엔지니어링 기능 등이 IP 계층에서 제공되어야 할 것으로 보인다. 왜냐 하면 이들 기능은 사용자 서비스 제공성, 망의 확장성과 자원의 이용성을 높이는 데 중요한 요소이기 때문이다.

2. IP/WDM

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)과 광증폭 기술의 발전에 의해 구체화 되기 시작한 광 네트워킹 (optical networking)은 장거리 전송기술에 있어 비약적인 발전과 함께 전송용량 증대, 비용절감 및 관리기능의 단순화를 가져왔으며, 이는 IP 전달망의 구축에 있어 유력한 전송 기술로서 대두되고 있다.

한편 인터넷에서 IP 트래픽의 처리에 핵심적인 역할을 담당하는 IP 라우터는 IP 패킷 포워딩 능력의 향상, 고속의 링크 인터페이스 속도 및 WFQ (Weighted Fair Queuing)와 같은 패킷 스케줄링 기술의 구현을 통해, 보다 정교한 QoS의 제공이 가능한 수십 Gbps 급의 고속 IP 라우터가 상용화

되고 있다.

이와 같은 광 네트워킹 분야에서 OADM (Optical Add/Drop Multiplexer), 광 증폭기 및 DWDM 기반 다중채널 고속전송 시스템의 개발과 함께 수십 Gbps 급의 고속 IP 라우터의 출시는 기존의 인터넷 백본망 구조로서 많이 채택되고 있는 IP/ATM과 IP/SDH로부터 광 계층 위에 직접 IP 계층이 인터페이스되는 IP/WDM으로의 진화에 대한 가능성과 실현성을 높이고 있다.

즉 IP/WDM은 폭발적으로 증가하는 IP 트래픽을 수용하고, 새로운 IP 전송망 구축 비용을 획기적으로 절감할 수 있는 유력한 대안으로 인식되고 있는 것이다.

본 절에서는 고속 IP 라우터 기술과 WDM 전송 기술에 대해 분석하고, 이들 기술이 결합된 IP/WDM의 구조적 장/단점과 백본망 적용성에 대해 기술한다.

가. 고속 IP 라우터 기술

전통적인 IP 라우터가 수행하는 주된 역할은 출력 인터페이스까지 IP 패킷의 포워딩, 다양한 물리 계층 인터페이스 표준과 링크 기술의 수용 및 라우팅 테이블의 구성과 관리를 들 수 있다.

이와 같은 전통적인 IP 라우터의 기능 외에 IP 트래픽의 지속적인 증가와 QoS의 보장을 요구하는 멀티미디어 서비스로 인해 고속의 IP 포워딩 능력과 차별화된 서비스 (differentiated service)를 제공할 수 있는 고속 IP 라우터와 함께 보다 확장성 있는 라우팅 시스템이 필요로 하게 되었다.

이에 따라 IETF의 주도로 보다 안정적이고 확장성 있는 라우팅 프로토콜의 표준화가 계속되고 있으며, 라우터 벤더를 중심으로 고속의 포워딩 능력과 차별화된 서비스 제공이 가능한 고속 IP 라우터가 출시되고 있다[13].

이와 같은 상용 고속 IP 라우터는 벤더마다 고유한 기능과 구조를 갖지만, 다음과 같은 공통된 기능

구현 추세를 갖는다.

첫째, 패킷 포워딩과 관련된 주요 기능 요소인 포워딩 엔진, 스위칭 패브릭 및 패킷 스케줄링 기능을 ASIC 기술을 이용하여 하드웨어적으로 구현하고, 동일한 기능 요소를 다수 구현하고 있다. 이는 패킷의 하드웨어적인 처리 뿐만 아니라 동시에 여러 패킷들을 처리하여 패킷 포워딩 성능을 높임으로써 큰 대역폭을 요구하는 서비스의 수용을 가능하게 하고 있다.

둘째, 단순한 FCFS (First-Come First-Service) 서비스로부터 다양한 스케줄링과 버퍼 관리 기법, 흐름 또는 클래스별로 출력 큐를 구현하고 있다. 이는 보다 세밀한 QoS 메커니즘을 지원하므로써 인터넷을 통한 차별화된 서비스의 제공을 가능하게 하고 있다.

셋째, SDH와 DWDM 기술의 지원을 통해 고속 대용량 IP 전송망으로의 인터페이스를 제공하고 있다. 이는 IP/SDH와 IP/WDM과 같은 IP 라우터 기반 백본망의 구축을 가능하게 하고 있다.

넷째, MPLS와 같은 트래픽 엔지니어링 기술을 도입하고 있다. 이는 홉대홉 포워딩 방법에 비해 링크의 부하 분산과 링크 이용성에 효율을 높이고 차별화된 서비스를 제공하기가 용이하다.

현재 처리속도 면에서 만 볼 때, Juniper의 M40 라우터는 최대 40 Gbps의 처리율 (throughput)과 초당 40 백만개의 패킷 포워딩을 지원하며, 특히 Avici의 TSR은 2.5 Gbps에서 최대 5.6 Tbps 까지 지원하는 것으로 발표되고 있다. 이와 같은 고속 IP 라우터의 성능 향상과 고속화 추세로 볼 때, 조만간 여러 업체에서 테라급 라우터를 상용제품으로 출시할 것으로 보여진다.

이러한 고속 IP 라우터의 기능 구현 추세와 고속화로 인해 인터넷 사용자 및 서비스 제공자의 요구 사항을 만족시키고, 보다 큰 대역폭과 차별화된 서비스를 제공할 수 있는 인터넷 플랫폼의 구축이 가능해지고 있다.

나. WDM을 이용한 광 네트워크

다중화 장치 간 광전송은 이미 단일 채널 광전송 시스템인 SDH 전송에서 사용되어져 왔다. 그러나 SDH 전송에서는 다중화 및 스위칭 기능이 광 도메인이 아닌 디지털 도메인에서 TDM 방식으로 수행되어진다.

따라서 IP 트래픽의 고속 포워딩이 가능한 고속 IP 라우터와 SDH의 전송 능력을 넘어서 대규모 전송 능력을 가지면서 파장 (wavelength) 라우팅과 스위칭 능력을 갖는 OADM과 OXC (Optical Cross Connect)로 구성된 WDM 전송망이 결합된 IP/WDM 망의 구축은 광 네트워크를 가능하게 하는 기반 요소라고 할 수 있다.

다음 (그림 6)은 OADM을 이용한 IP/WDM 망의 일반적인 구성을 보여준다.

WDM 전송 기술의 장점은 단일 광선로 (optical fiber)에서 서로 다른 광 파장이 할당되는 다중 채널을 지원하고, 상위 계층의 전송 비트율과 포맷에 대해 투명한 특성을 갖는다는 점이다.

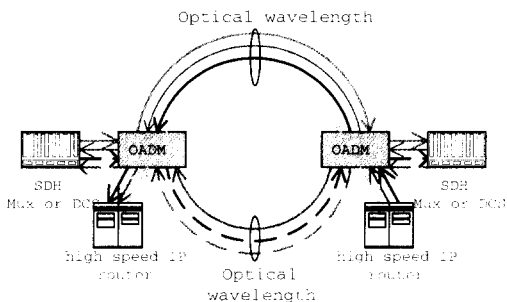


그림 6. IP/WDM 망의 구성

즉 (그림 6)에서 보여주는 고속 IP 라우터와 기존 SDH 장비 뿐만 아니라 ATM 서비스까지도 수용할 수 있기 때문에 기존 프로토콜이나 다중화 서비스를 유연하게 지원할 수 있고, 향후 새로운 서비스의 제공 가능성을 높일 수 있는 것이다.

또한 인터넷 트래픽의 특성 중의 하나인 송/수신

트래픽 비대칭성을 지원할 수 있도록 OADM을 비롯한 광 요소들을 구성할 수 있다는 점이다. 즉 (그림 6)에서와 같이 고속 IP 라우터간에 3개의 파장을 할당하고, 송/수신 비율을 2:1로 구성하므로써 송/수신 트래픽의 비대칭성을 수용한다[14].

다. 기술 분석

IP/WDM 망이 갖는 구조적 특징으로는 앞에서 기술한 ATM 기반 IP 전달 구조가 갖는 각 계층별 유사한 기능의 중복성을 최소화하므로써 간결하고 단순한 계위 구조를 가져 네트워크의 효율성을 높이고, 기존에 설치된 광선로를 이용하여 경제적으로 전송 능력을 높일 수 있다는 점이다.

이와 같은 특징을 갖는 IP/WDM 망의 장점은 다음과 같다.

첫째, 확장성 있는 대규모 전송용량을 들 수 있다. 즉 WDM 기술은 단일 광 섬유의 전송용량을 여러 개의 채널로 나누고, 각 채널에 고유한 광 파장을 할당하여 트래픽을 전송할 수 있다.

이때 광 채널 수는 12, 16, 24 또는 그 이상으로 확장할 수 있기 때문에 전송용량의 확장성을 높이고, 광 다중화를 통해 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다.

둘째, 비용 측면에서 효율적인 백본망 전송 기술이다. WDM 기술은 기존의 SDH로 구성된 광선로 및 장비를 재사용할 수 있기 때문에 초기 투자 비용이 적은 장점이 있고, 이로 인하여 전송 링크의 유연한 업그레이드가 가능하다.

또한 SDH 장비를 거치지 않고 IP 라우터나 ATM 스위치를 WDM 장치에 연결할 수 있기 때문에 비용 측면에서 효율적이다.

예를 들면, WDM 시스템 벤더 중의 하나인 Ciena에 따르면, 장치 비용은 ADM이나 DCS (Digital Cross Connect System)가 필요없기 때문에 약 30%에서 50% 정도 감소하고, 운용 비용도 SDH 보다 단순화된 망구성으로 인하여 약

50%에서 60% 정도 감소하는 것으로 발표하고 있다[15].

셋째, 다양한 프로토콜과 전송 서비스의 수용이 가능하다. 즉 WDM은 상위 계층의 전송 비트율과 포맷에 대해 투명하게 운용되는 장점이 있다. 즉 단일 광선로를 여러 개의 가상의 광선로(virtual fiber)로 나누어 각각의 가상 광선로를 IP, ATM과 SDH와 같은 다양한 프로토콜과 전송 서비스를 수용하는데 사용할 수 있는 것이다.

반면 IP/WDM에서는 ATM과 SDH 계층을 배제하므로써, 이들 계층이 수행하던 QoS 제공 및 트래픽 엔지니어링 기능, 망 복구 기능 등이 IP 또는 WDM 계층에서 제공되어야 할 것으로 보인다. 왜냐하면 이들 기능은 사용자 서비스 제공성, 망의 확장성과 안정성을 보장하는데 있어 중요한 요소이기 때문이다.

3. 적용성 분석

IP/SDH와 IP/WDM은 대용량 전송 구조와 고속 IP 라우터를 기반으로 대규모 IP 트래픽의 고속 전달을 목적으로 한다.

이들 기술은 IP 라우팅이 기본적으로 제공하는 확장성과 유연성을 이용하여 효율적인 IP 라우팅망을 구성할 수 있고, 대용량 전송망을 구축할 수 있는 장점으로 인해 백본망의 IP 전달 기술로서 적용될 수 있을 것으로 보여진다.

그러나 이들 기술이 백본망에 적용되기 위해 공통적으로 갖는 요구사항으로는 트래픽 엔지니어링과 QoS 제공 능력을 들 수 있다. 이외에 IP/WDM에서는 망의 생존성 측면에서 ATM과 SDH에서 수행되는 망 복구 기능이 IP 또는 WDM 계층에서 지원되어야 하며, 현재 광 장치의 개발이 발전 단계에 있고 WDM과 관련한 표준화가 진행 중이기 때문에 벤더간 광장치의 호환성이 제공되어야 한다.

가. 트래픽 엔지니어링과 QoS

트래픽 엔지니어링은 여러 링크로 효과적인 트래픽 부하 분배를 통해 망 자원의 이용성을 높일 수 있고, 가변 대역폭이나 QoS 요구사항을 유연하게 수용할 수 있게 해주는 요소기술로, 대규모 IP 트래픽을 처리하는 백본망에서는 반드시 필요한 기능이다.

이와 같은 트래픽 엔지니어링 기능은 IP 계층 또는 IP 하부 계층에서 수행될 수 있다. IP 계층에서 수행되는 경우, 최단경로 알고리즘을 사용하는 일반적인 IP 라우팅에서는 라우팅 테이블 구성시 링크의 가용 대역폭과 트래픽 특성이 반영되지 않기 때문에 트래픽 엔지니어링을 지원하기가 용이하지 않다. 따라서 이를 지원하기 위한 IP 라우팅 프로토콜의 수정이 필요할 것으로 보인다.

또 다른 대안으로는 MPLS가 지원하는 트래픽 엔지니어링 능력을 이용할 수 있지만, 이를 위해서는 IP/SDH와 IP/WDM에 MPLS를 적용할 때 망의 구조 및 기능에 대한 연구가 이루어져야 한다.

IP QoS 제공 측면에서 볼 때, 백본망의 IP 라우터 내에는 많은 활성(active) IP 흐름이 있고, 이들 흐름은 라우터의 자원을 공유한다. 따라서 IP 레벨의 QoS는 IP 라우터가 관리할 수 있는 서비스 클래스의 수로 흐름들을 그룹화하고 WFQ와 같은 공정한 스케줄링 알고리즘을 이용하여 클래스별로 라우터 자원을 할당하고 서비스하는 것이 확장성 측면에서 유리할 것으로 보인다.

이와 같은 IP CoS(Class of Service)는 상용 고속 IP 라우터에서도 제공되고 있으며, 라우터의 성능이 보다 향상되고 확장성있는 IP 신호 프로토콜이 개발되면 흐름 단위로 보다 세밀한 IP QoS를 제공할 수 있다.

한편 WDM 계층에서 트래픽 엔지니어링과 QoS를 제공할 때, 요구되는 파라미터는 광 도메인의 파라미터이고, 이들은 WDM의 상위 계층과 적절히 연결되어 있어야 한다. 즉 WDM 계층에서 트래픽 엔지니어링과 QoS를 효과적으로 제공하기 위해서

는 필요한 광 계층의 파라미터와 이들이 실제로 운용되는 값들을 정의하는 것이 필요하다[16].

나. 망 복구 (restoration)

망의 생존성과 안정성 측면에서 볼 때 IP/WDM에서도 ATM이나 SDH 망에서 수행하는 오류 복구 기능을 IP 또는 WDM 계층에서 지원해야 한다.

WDM 계층에서 링크나 노드 손상으로부터 광 전송망의 생존성을 향상시킬 수 있는 방법에는 망 보호 (protection)와 망 복구 기능이 있다. ITU-T의 G.872에서 정의하는 보호 기능은 노드 간의 미리 할당된 전송용량을 이용하는 데, 동작 전송용량과 보호 전송용량이 1:1로 구성되는 것과 m:n으로 구성되는 것이 있다[17].

한편 복구 기능은 광 채널의 상호 연결에 기반하는 데, 일반적으로 리라우팅 (rerouting) 알고리즘을 사용한다. 여기에는 OXC 들이 유지보수 채널을 이용하여 링크 오류를 인식하고 복구 기능을 수행하는 분산형 망복구와 링크 오류가 발생하면 망 관리 시스템이 해당 OXC에게 복구 경로의 재구성을 명령하는 중앙 집중형 망복구 방법이 제안되고 있으며[18], 이에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 보여진다.

한편 IP 계층에서 OSPF (Open Shortest Path First) 또는 BGP (Border Gateway Protocol)와 같은 IP 라우팅 프로토콜을 통해 복구 기능을 수행할 수도 있다. 즉 광선로 또는 노드에 오류가 발생하였을 때 IP 라우팅 프로토콜을 이용하여 새로운 라우팅 경로를 구성한 후, 패킷을 목적지까지 전달하는 것이다.

그러나 이와 같은 소프트웨어적인 복구 방법에서는 SDH의 복구시간에 비해 훨씬 더 많은 시간이 소요될 수 있다. 이에 대한 대안으로 링크의 상태를 알리기 위하여 OSPF에서 사용하는 hello 메시지의 타이머를 짧게 하여 링크 오류를 빨리 검출함으로써 복구 시간을 줄이는 방법이 있다.

다. 호환성 (compatibility)

광 네트워크에서도 다른 전송 기술과 마찬가지로 망 운용자들이 어느 벤더간의 장비라 하더라도 서로 연결하여 사용할 수 있는 경우와 상호 연동이 보장되지 않는 경우가 있다.

궁극적으로는 벤더에 무관하게 장비를 사용할 수 있는 광 네트워크의 호환성이 효과적이거나 이를 위해서는 광 전송망에 대한 표준화와 함께 기반 기술이 무르익어야 하는 선행 조건이 요구된다.

현재 ITU-T에서는 WDM을 포함한 광 전송망에 대한 표준화 작업이 해당 기술의 성장에 따라 단계별로 이루어지고 있다. 단계 1에서는 점대점 라인 시스템, 단계 2에서는 OADM과 OXC까지 확장한 표준화 작업 그리고 단계 3에서는 광 계층의 생존성 등에 대한 내용까지 확장된다[19].

위에서 언급한 기술적인 이슈에 대한 표준화 현황을 보면, G.798에서는 광 전송망에 대한 측정 가능한 성능 및 유지보수 관련 파라미터를 정의하고, G.709에서는 광 신호의 품질을 감시하고 유지보수하기 위한 전략 그리고 G.841과 G.842에서는 광 전송망의 생존성 능력과 계층 간의 생존성 (예를 들면, 광 전송망, SDH, ATM 및 IP계층간의 생존성을 위한 상호작용)을 위한 광 전송망의 능력에 대한 표준화가 이루어지고 있다.

그러나 광 전송망에 대한 표준화 작업은 2001년이나 되어야 단계 1의 규격들이 마무리될 예정이므로, 이들 이슈에 대한 표준화 작업도 아직 초기 단계에 머무르고 있는 실정이다.

앞에서 살펴본 바와 같이 대용량 전송 구조와 고속 IP 라우터를 기반으로 하는 IP/SDH와 IP/WDM은 ATM이 배제된 단순한 계위 구조의 구성을 통해 대규모 IP 트래픽의 고속 전달과 경제적인 망 구축과 운용이라는 공통된 목적하에서 제안되었다.

그러나 인터넷의 폭발적인 성장과 기술의 발전 추세를 볼 때, IP/WDM은 확장성 있는 전송용량 증

대 및 전송 구조, 망 구성 및 운용 비용의 감소 및 다양한 전송 서비스의 수용 등과 같은 여러 장점으로 인해 IP/SDH에 비해 백본망에 적용하기가 유리할 것으로 보여진다.

V. 초고속인터넷 백본망 전개방향

인터넷이 성장함에 따라 IP 트래픽이 인터넷에서 차지하는 비중이 더욱 커질 것이고, IP 기반의 다양한 응용은 향후 초고속인터넷 통신망에서 제공되어야 할 보편적인 서비스가 될 것이다.

따라서 향후 전개될 초고속인터넷 백본망은 다양한 IP 응용에 의해 생성되는 IP-데이터, IP-음성, IP-멀티미디어 트래픽을 라우팅하고 전달하기에 최적화된 망구조로 발전되어 갈 것이 분명하다.

이와 같이 IP를 중심으로 하는 초고속인터넷망의 발전방향과 앞에서 분석한 ATM과 IP에 기반한 고속 IP 전달 기술들의 구조적인 장/단점과 대규모 망에 대한 적용성을 고려할 때, 초고속인터넷 백본망은 (그림 7)과 같은 구조를 가질 것으로 보여진다.

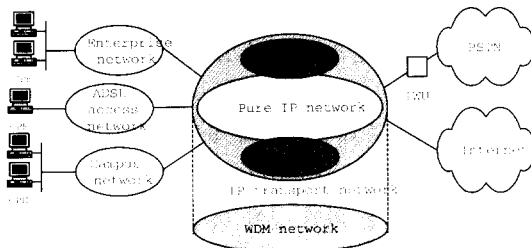


그림 7. 초고속인터넷 망 구성도

즉 초고속인터넷 백본망의 IP 전달망 체계는 WDM 전송망을 기반으로 IP/WDM, IP/SDH, IP/ATM 망이 공존하면서 여러 가입자로부터 오는 IP 트래픽의 고속 전달을 담당할 것으로 보인다.

이때 인터넷 전화 서비스에 의한 IP-음성 트래픽은 IWU (Internetworking Unit)을 통해 PSTN (Public Switched Telephone Network)으로 전달되고, 그 외의 IP 트래픽은 인터넷으로 전달된다.

향후 IP/WDM의 기술적인 이슈들이 보완되거나 해결되어 IP와 WDM 계층에서 신뢰성 있고 확장성 있는 트래픽 엔지니어링과 QoS 제공 및 망 복구 능력이 제공되면, 초고속인터넷 백본망의 IP 전달망 구조는 IP/WDM 기술로 통합될 것으로 보여진다.

VI. 결 론

본 고에서는 ATM과 IP에 기반한 고속 IP 전달 기술들에 대한 구조적인 장/단점과 함께 초고속 백본망에 적용될 때 고려되어야 할 확장성 및 안정성 그리고 보완되어야 할 기술적인 이슈에 대해 분석하여 보았다.

먼저 ATM 기반 고속 IP 전달망 기술에서는 MPLS가 확장성과 안정성에 대한 잠재적인 제약에도 불구하고 MPOA에 비해 백본망에 적용하기가 유리한 것으로 보여진다.

이는 MPLS가 분산 IP 라우팅 체계가 갖는 유연성과 안정성을 유지하면서 효과적인 IP 멀티캐스트의 지원이 가능하고, ATM이 제공하는 트래픽 엔지니어링과 QoS 제공 능력을 이용할 수 있기 때문이다.

또한 향후 MPLS 기술의 지속적인 발전과 상용 LSR의 VC 지원 능력과 성능 향상이 이루어질 것으로 보이기 때문에 확장성과 안정성에 대한 기술적인 문제는 보완되거나 해결될 것으로 보인다.

한편 IP 기반 고속 IP 전달망 기술에서는 고속의 패킷 포워딩과 차별화된 서비스의 제공이 가능한 고속 IP 라우터 기술과 확장성 있는 전송 구조, 망 구

성 및 운용 비용의 감소 및 다양한 전송 서비스의 수용 등과 같은 WDM 전송 기술의 장점이 결합된 IP/WDM이 망의 확장성과 발전성 측면에서 IP/SDH에 비해 백본망에 적용하기가 유리할 것으로 보여진다.

향후 IP/WDM 기술의 발전 추세와 ATM과 IP에 기반한 고속 IP 전달 기술들의 구조적인 장/단점과 대규모 망에 대한 적용성을 고려할 때, 궁극적으로 초고속인터넷 백본망의 IP 전달망 구조는 IP/WDM 기술로 통합될 것으로 보여진다.

이는 IP/WDM 방식이 비연결형 IP 라우팅이 갖는 확장성과 유연성으로 인해 폭발적으로 성장하고 있는 인터넷 트래픽과 호스트에 유연하게 대처할 수 있고, 대용량 WDM 전송망을 기반으로 IP 라우터 간 고속 링크를 통해 대규모 IP 트래픽의 전달과 효율적인 IP 라우팅망의 구성이 가능하기 때문이다.

※ 참고 문헌

- [1] M. Laubach and J. Halpern, Classical IP and ARP over ATM, RFC2225, April 1998.
- [2] J. Luciani, et al., NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP), RFC2332, April 1998.
- [3] Eric C. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, Multiprotocol Label Switching Architecture, draft-ietf-mpls-arch-06.txt, Feb. 1999.
- [4] ATM Forum, LAN Emulation Over ATM Version2-LUNI Specification, af-lane-0084.000, July 1997.
- [5] ATM Forum, Multiprotocol Over ATM Version1.1, af-mpoa-0114.000, May 1999.
- [6] J. Manchester, et al., IP over SONET, IEEE Comm. Mag., May 1998.
- [7] Daniel Y. Al-Salameh, et al., Optical Networking, Bell Labs Technical Journal, January-March 1998.
- [8] P. Newman, et al., Flow Labelled IP: A Connectionless Approach to ATM, IEEE Infocom 96, Mar. 1996.
- [9] Y. Rekhter, et al., Tag Switching Architecture Overview, RFC2105, Feb. 1997.
- [10] Y. Katsube, et al., Toshiba Router Architecture Extensions over ATM: Overview, RFC2098, Feb. 1997.
- [11] ATM Forum, MPOA v1.1 Addendum for Frame Relay Links, BTD-MPOA-FR-01.04, April 1999.
- [12] A. Malis and W. Simpson, PPP over SONET/SDH, RFC2615, June 1999.
- [13] Vijay P. Kumar, et al., Beyond Best Effort: Router Architectures for the Differentiated Services of Tomorrows Internet, IEEE Communications Magazine, May 1998.
- [14] Ting Wo Chung, et al., Architectural and Engineering Issues for Building an Optical Internet, CANARIE, Sep. 1998.
- [15] http://www.ciena.com/products/metro/features/features_4.html.
- [16] A. McGuire and P. Bonenfant, Standards: The Blueprints for Optical Networking, IEEE Comm. Mag., Feb. 1998.
- [17] ITU-T, Architecture of Optical Transport Networks, G.872, Feb.

1999.

- [18] Bharat T. Doshi, et al., Optical Network Design and Restoration, Bell Labs Technical Journal, January-March 1999.
- [19] ITU-T, Framework for Optical Transport Network Recommendations, G.871, Oct. 1998.

정 수 길

1988년 2월 경북대학교 전자공학과(학사)

1993년 8월 경북대학교 전자공학과(석사)

1993년 11월~현재 한국통신 통신망연구소

*관심분야: ADSL 가입자망, 초고속인터넷 백분망 구성기술

최 영 숙

1991년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과(학사)

1993년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과(석사)

1993년 3월~현재 한국통신 통신망연구소

*관심분야: ATM 교환망, ATM 신호망 기술

전 흥 범

1985년 2월 서울대학교 전기공학과(학사)

1987년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)

1991년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사)

*관심분야: 차세대정보통신망 구조