

主 題

ATM 기반의 초고속 인터넷 기술

한국전자통신연구원 교환기술연구단 전병천, 정택원, 이형호, 임주환

차 례

I. 서 론

III. ATM 기반 데이터 전달 기술

V. 결 론

I. 스위칭과 라우팅 기술의 통합

IV. ATM 기반 WAN에서의 IP 트래픽 전달

I. 서 론

정보 고속도로의 원형인 인터넷은 전세계의 다양한 정보를 전달하는 가장 큰 범용 통신기반인 동시에 새로운 서비스 및 통신 기술의 시험이 시도되고 있는 시험장이 되고 있다. 이러한 인터넷은 초기에는 연구소, 대학 및 정부기관에서만 사용이 가능했으나 인터넷 서비스 제공회사들이 등장함에 따라 가정과 회사에서도 손쉽게 접근하여 전세계 어디와도 연결이 가능한 범용 통신망으로 발전하였다. 또한 텍스트 위주의 서비스가 하이퍼텍스트 기반의 멀티미디어 웹 서비스로 전환됨에 따라 사용자 및 트래픽이 폭발적으로 증가되었다. 따라서 전송속도와 QoS 문제만 해결되면 미래의 멀티미디어 기간 매체로 성장할 수 있을 것으로 예상되며, 이러한 문제를 해결할 수 있는 대안으로 스위칭과 라우팅 기술을 통합한 다양한 기술들이 제시되고 있다. LAN에서는 인터넷 스위치 기반의 라우팅 통합, WAN에서는 ATM 스위치 기반의 라우팅 기능을 통합하는 방안이 가능성이 높은 것으로 보고 있다. 본 고에서는 이러한 스위칭 기반의 라우팅 처리 능력을 극대화하는 여러 기술들을 소개하고 이들의 특징들을

분석해 본다. 아울러 ATM 기반 데이터 전달 방안들을 소개하고 각 기술들의 특징들을 비교 분석한다.

II. 스위칭과 라우팅 기술의 통합

전통적인 데이터 통신망은 공유매체 방식의 LAN 세그먼트들을 라우터를 통하여 접속하는 구내 망과 구내 망들을 접속하기 위한 전용선 형태의 WAN으로 구성되었으나 데이터 트래픽의 급격한 증가와 함께 이러한 망 구성 형태는 많은 변화를 가져오게 되었다. LAN에서는 망 구성 및 망 응용의 변화를 최소화하면서 망의 처리율을 극대화 할 수 있는 LAN 스위치의 보급이 크게 증가하고 있으며, WAN에서는 접속 비용을 절감할 수 있는 프레임릴레이나 ATM과 같은 스위칭 기반의 서비스 이용이 크게 증가하고 있다.

LAN 스위치는 단순히 프레임의 MAC(Medium Access Protocol) 주소에 의해서 목적지를 결정하므로 고속의 하드웨어 스위칭이 가능하다. 따라서 LAN 스위치 기반의 망은 라우터를 사용하는 경우에 비하여 저가격으로 구성할 수 있으며 설치 및 관리가 용이한

장점이 있다. 그러나 스위치만으로 대규모 망을 구성할 경우 TCP/IP의 ARP(Address Resolution Protocol) 메시지, NetBIOS, Netware의 SAP(Service Advertisement Protocol)과 같은 방송 메시지가 망 전체로 전달되므로 망 자원이 낭비될 뿐만 아니라 모든 단말들이 방송 트래픽을 처리해야 하므로 성능이 저하될 수 있다. 또한 LAN의 사용이 워크그룹 내 파일공유, 프린터 서버, 메일 서버용의 응용에서 인트라넷 환경으로 변화됨에 따라 기업 내 자원공유를 위한 대규모 서버를 중앙에 집중하는 형태의 망 구성을 선호하게 되었다. 이러한 변화에 따라 인터넷 액세스 트래픽 및 집중화된 서버 액세스 트래픽의 비율이 증가되어 기존 로컬 80% 백본 20% 트래픽 분포 법칙이 변화되고 있으며 오히려 백본 트래픽이 80%에 이를 것이라는 예측도 나오고 있다⁽¹⁾. 따라서 LAN의 백본 트래픽을 처리를 위한 대용량 라우터의 필요성이 증대되고 있으며, 이러한 환경 변화에 따라 2계층 스위치와 3계층 라우팅 기능을 통합한 저가격의 다계층 스위치가 출현하고 있다. 전통적인 라우터는 스위치에 비하여 처리 성능이 떨어질 뿐만 아니라 단위 포트 당 가격이 3-10 배 정도 높았으나 다계층 스위치들은 스위치에 필적하는 라우팅 성능을 발휘하고 있으며 LAN 스위치의 2배 이하의 낮은 가격을 가진다.

WAN에는 단말보다는 다중화된 가입자망 트래픽을 WAN으로 전달하는 에지 라우터가 주로 접속되므로 에지 라우터의 라우팅 기능과 WAN의 스위칭 기능을 적절히 조합하여 WAN의 스위칭 용량만큼의 3계층 트래픽 처리 능력을 가지도록 하는 방안들이 제시되고 있다. 이들 기술들은 에지 라우터의 라우팅 프로토콜에 의해 수집된 망 토폴로지 정보를 WAN의 경로설정과 연계함으로써 WAN 스위치를 라우터처럼 활용할 수 있도록 하며 망 토폴로지 변화에 따라 동적인 WAN의 경로 설정 변경이 이루어져 안정적인 3계층 트래픽 전달 능력을 제공한다.

라우팅/스위칭 통합 모형은 다음과 같은 4가지 범주로 구분할 수 있으며, 이들 모두 라우터 기능 중 트래픽 forwarding 기능을 스위치로 대체하여 스위치의

고속성을 최대한 이용하고 있다. 물론 트래픽 필터링, 방송 트래픽 제어, 관리 영역의 분리 및 보안을 위한 방화벽 기능 등 라우터 고유의 주요 기능들을 그대로 유지할 수 있어야 한다.

- 첫 번째 메시지는 라우팅, 연속된 나머지 메시지는 스위칭 기능 이용
- Short-lived 트래픽은 라우팅, long-lived 트래픽은 스위칭 기능을 이용
- 에지에서는 라우팅, 코어에서는 스위칭
- 소프트웨어에 의한 라우팅 경로 계산과 하드웨어에 의한 패킷 forwarding

1. 라우팅/스위칭의 변화⁽²⁾

90 년초 라우터는 소프트웨어 기반의 멀티 프로토콜 라우터를 의미하였으며 스위치는 하드웨어에 의한 ATM 스위치를 의미하였으나 망 환경의 변화와 하드웨어 기술의 급속한 발전으로 데이터 통신에 관련된 스위칭과 라우팅 개념은 많은 변화를 겪고 있다.

연결 형태에 있어서 패킷단위의 비연결형으로 동작하는 라우터는 흐름단위로 처리하는 Netflow 스위칭, IP 스위칭⁽³⁾, CSR(Cell Switch Router)⁽⁴⁾ 등과 같이 연결형의 고속성을 접목하는 형태로 발전하고 있으며, 연결형 기반의 ATM 스위치는 제어 오버헤드를 줄이기 위한 비연결형 서비스를 제한적으로 도입하고 있다⁽⁵⁾. 또한 라우팅 프로토콜에 의하여 ATM 망에 토폴로지 기반의 가상연결을 미리 설정하는 태그 스위칭⁽⁶⁾, MPLS(Multiprotocol Label Switching)⁽⁷⁾ 및 ARIS(Aggregate Route-based IP Switching)⁽⁸⁾ 기술은 간접형 비연결형 서비스의 일종으로 볼 수 있다. MAC 주소에 의한 이더넷 프레임의 목적지를 결정하는 이더넷 스위치는 기존 연결형 스위치 개념을 크게 바꾸어 놓은 예가 될 것이다. 프레임 단위의 라우팅 개념은 ATM 스위칭 기능을 이용한 라우터인 IP 스위칭과 CSR에 의하여, 셀 단위 스위칭 개념은 프레임 단위로 스위칭이 이루어지는 이더넷 스위치에 의해서

변화되어 왔으며, 이제는 라우팅/스위칭 개념은 연결 형태나 처리 단위(프레임 또는 셀)와는 무관한 것으로 여겨지고 있다. 트래픽 제어에 있어서도 라우팅이 best-effort 처리 방식에서 점차 QoS를 지원하기 위한 RSVP(Reservation Protocol), WFQ(Weighted Fair Queuing) 기능들이 추가되고 있다. 반면에 엄격한 QoS를 제공하는 ATM 스위치에 있어서도 ABR, UBR 서비스와 같은 best-effort 서비스 개념이 도입되었으며, 데이터 서비스 위주의 ATM 망에서는 트래픽 관리가 간편하며 대역폭을 효율적으로 이용할 수 있는 best-effort 개념이 보다 폭넓게 적용될 것으로 예상된다. 대부분의 LAN 스위치는 단지 고속 브리지의 역할만을 수행하므로 아직 QoS를 지원하지 못하고 있다.

최근 혁신적인 기술을 접목한 고성능의 라우터가 출현함에 따라 라우팅과 스위칭 가격의 차이는 점차 좁혀지고 있다. 하드웨어 기술의 발전에 따라 ATM 스위치의 가격이 3년에 1/4로 낮아지고 있음에도 불구하고 고속 라우터 벤더들은 스위치와 경쟁할 수 있는 제품을 출시하고 있으며, 기가비트 이더넷 기반의 라우터가 본격적으로 출시되는 시점에서는 LAN 스위치와의 가격차가 없어질 것이라고 주장하고 있다. 라우팅은 소프트웨어 의해 수행된다는 기존 개념은 하드웨어 스위칭 기술을 접목한 라우터가 출현함에 따라 변화되고 있다. 또한 최근 IP 프로토콜만을 처리하는 라우터, LAN 내부 트래픽만을 처리하는 라우터, xDSL 트래픽을 집중화하는 라우터 등 특화된 용도의 단순화

된 기능의 라우터 수요가 증가함에 따라 하드웨어 기반의 혁신적인 라우터들이 출현하고 있다. 반면에 스위치에서는 다양한 소프트웨어를 부가하여 기능을 향상시키는 방향으로 발전하고 있다. 이더넷이나 ATM 기반의 데이터망은 라우팅의 중요성을 간과하여 확장성에 한계가 있었으나 라우팅 기능을 통합한 이더넷 스위치의 출현으로 이더넷의 확장성이 크게 향상되었으며 ATM에서도 MPOA(Multiprotocol over ATM)⁽⁹⁾와 같은 라우팅 처리 프로토콜에 의해 이러한 제약이 상당 부분 해소되고 있다.

2. 스위칭과 라우팅의 통합

라우터는 소프트웨어 기반의 라우팅 경로 계산 기능과 3 계층 패킷의 forwarding 기능으로 구성되어 있으므로 forwarding 기능을 ATM 스위치, LAN 스위치 또는 크로스포인트 패킷 스위치로 대체하여 전체 라우팅 성능을 높일 수 있는 다양한 기술들이 출현하고 있다. 이러한 기술들을 표 2와 같이 5 종류로 분류할 수 있으며 이들 기술의 장단점 및 적용 영역을 표 3에 나타냈다⁽¹⁰⁾.

표 1 라우팅과 스위칭 개념의 변화

(+): 확장 기능을 의미함

| 항목 | 라우팅 | 스위칭 |
|--------|---------------------|------------------------|
| 연결형태 | 비연결형 => Flow | 연결형 => +비연결형 |
| 프레임/셀 | 프레임 => +셀 스위칭 | 셀 => +프레임 |
| 트래픽 제어 | Best effort => +QoS | QoS 보장 => +Best effort |
| 가격 | 높음 => 낮아지고 있음 | 낮음 => 더 낮아지고 있음 |
| 구현 | 소프트웨어 => +하드웨어 | 하드웨어 => +소프트웨어 |
| 확장성 | 좋음 => 좋음 | 나쁨 => 좋아짐 |
| 속도 | Mbps => Gbps | Gbps => Gbps |
| 이용자 | ISP => ISP+Telco | Telco => ISP+Telco |

표 2. 고속 라우팅 처리 기술

| 분류 | 개념 | 제품 | 비고 |
|---------------------------------|---|--|---|
| Multigigabit Router | - 고속 처리용 cross-point switch matrix, 하드웨어에 의한 table lookup 등 새로운 구조 도입하여 수백만 pps 처리가 가능토록 하는 초고속 IP 라우터 | - Ascend(GFR1600) - Cisco (Gigabit Switch Router) | - 라우팅과 스위칭의 결합 - 인터넷 사업자의 백본용으로 사용 - 가격대 성능비가 향상될 경우 ATM과 경쟁될 것으로 예상 |
| Peer-to-peer Multilayer Mapping | - 3계층 주소를 특정해더값으로 매핑하고 데이터는 2계층에서 전송하는 방식으로, 각 스위치는 네트워크 토폴로지를 기록하는 라우트 프로세서를 보유하고, 네트워크 토폴로지와 라우트 정보 갱신을 RIP, OSPF, BGP를 통해 수행 | o Topology-based scheme - Cabletron(SFVN) - Cascade(IP Navigator) - Cisco(Tag switching) - DEC(IP Packet Switching) - FR Tech (Framenet VWAN) - IBM(ARIS) o Flow-based scheme - Ipsilon(IP Switching) - Toshiba(CSR) | - Flow based scheme인 경우 VC 개수에 대한 해결책으로 topology-based scheme인 MPLS 등 추가 고려 |
| Server-based Scheme | - 에지 장치나 ES가 2계층 또는 3계층 패킷 전송을 하도록 서버가 라우팅 계산 | - 3Com - IBM(MSS) - Newbridge(MPOA) | - MPOA 표준화 준수 |
| IP Address Learning | - 장치가 다른 LIS로 도달 방법을 ES에 알려줌으로써 첫 패킷만 라우팅 되고 나머지는 스위치 | - Nbase(DirectIP) - RND(PowerIP) | - IP learning을 위해 ICMP redirection mechanism 이용 |
| Layer 3 Switching | - 랜용의 초고속 라우터 - 하드웨어에 의한 3계층 스위칭 | - Bay, Intel Denmark - Herlev, Foundry - Madge | - LAN 스위치나 ATM 스위치에 적용되어 3계층 라우팅 기능 제공 |

MSS: Multiprotocol Switching Service
 CSR: Cell Switch Router
 SFVN: SecureFast Virtual Network
 ARIS: Aggregate Route-based IP Switching
 VWAN: Virtual WAN

III. ATM 기반 데이터 전달 기술

ATM 망은 고속성, QoS 지원, 대역폭의 효율적인 이용 측면에서 기존 망에 비하여 우수하기 때문에 공중망 사업자의 기본 인프라로 정착되고 있으며 점차 ISP, 무선망 사업자의 지상망, 온라인 사업자의 백본망으로 확산되고 있다. 또한 ATM 망의 고속성과

QoS를 활용하기 위해 LAN과 기업망의 백본에 적용되고 있으며, 공중망 ATM 망을 통하여 기업의 데이터 및 음성 트래픽을 통합 전달하므로써 기업망의 WAN 접속 비용을 절감할 수 있는 효율적인 방안으로 여겨지고 있다. 그러나 ATM은 다양한 서비스를 제공하기 위한 공통 기술의 집합체이므로 특정 서비스만을 제공하기에는 비효율적이거나 불필요한 기능들이 많다는 문제점이 제기되고 있다. 인터넷의 급성장으로

표3. 고속 라우팅 처리 기술의 장단점

| 분류 | 장점 | 단점 | 적용 영역 |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| Multigigabit Router | - 서브네트웍에 변화 없음 - 다양한 인터페이스를 가질 수 있음 - 표준 기반 | - 고가 | - 인터넷 사업자 - WAN 백본 |
| Peer-to-peer Multilayer Mapping | - 분산 라우팅 정보 - 스위치망을 활용 - 업계 지원 | - 대부분 전용 프로토콜 사용 - 표준화 초기 단계 | - ATM/FR 기반 WAN - ATM 기반 Enterprise backbone |
| Server-based Scheme | - LIS 생성 - 첫 패킷 만 전송 지연 발생 - 집중화된 라우트 관리 제어 | - 확장성에 의문 - 서버의 고장에 대한 취약성 | - ATM 기반 LAN - ATM 기반 Enterprise backbone |
| IP Address Learning | - 첫 패킷 전달만 라우팅 지연 - 네트워크와 장비에 변경 없음 - Ethernet과 Fast Ethernet에 적합 | - 서버 고장에 대한 취약성 | - Ethernet 기반 LAN |
| Layer 3 Switching | - 기존 라우터보다 저가에 고속 - 많은 스위치와 작동가능 - 표준 기반 | - 과부하 상태에서 병목현상 발생 가능성 - 확장성에 의심 | - Ethernet 스위치 - LAN용 ATM 스위치 |

인터넷 트래픽 전달이 ATM 망의 주요 서비스로 등장함에 따라 기존 ATM 기술들을 IP 트래픽 전달에 적합하도록 보완하고자 하는 움직임이 있어 왔다. 이러한 움직임은 주로 IP 트래픽 전달하기 위한 최적의 경로를 계산하고 이를 토대로 ATM 가상연결을 설정할 수 있도록 하는 새로운 신호 및 라우팅 기능 개발에 초점이 맞추어져 왔다. 이러한 기술들은 주소 체계와 라우팅 처리 방식에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다²⁾.

1. ATM 기반 데이터 전달 기술 분류

가. 주소 처리 방식에 따른 분류

• 대등 주소 모형(peer addressing model)

ATM 주소를 IP 주소와 동일한 계층의 주소로 간주하여 특정 알고리즘에 의하여 두 주소의 변환이 가능한 모형으로 Ipsilon의 IP 스위치와 같이 IP 주소가 매핑된 ATM 스위치에서 직접 IP 라우팅이 가능한 구조를 가진다.

• 서브넷 주소 모형(subnet addressing model)

ATM 주소와 IP 주소는 서로 다른 계층 주소영역을 사용하는 모형으로 두 주소간 주소 변환을 위해서는 ARP가 필요하다. 이 모형은 ATM 망을 인터넷과 독립적인 전달망으로 가정하므로 각각의 망을 독립적으로 발전시킬 수 있는 장점이 있다. ATM Forum의 LANE(LAN Emulation)(11), MPOA, IETF의 Classical IP over ATM(IPOA)(12), NHRP(Next Hop Resolution Protocol)(13) 등이 이러한 모형의 범주에 포함된다.

나. 라우팅 처리 방식에 따른 분류

• 계층 라우팅 모형(layered routing model)

IP 라우팅 프로토콜이 ATM 망의 라우팅 프로토콜(PNNI 라우팅)과 독립적으로 동작하는 모형이다. 이는 ATM 망 위에서 기존의 입증된 IP 라우팅 프로토콜(RIP, OSPF 등)을 그대로 사용하므로 기존의 네트워크 장비를 그대로 사용할 수 있으며 ATM 기술 개발과 라우터 개발이 독립적으로 이루어질 수 있는 장

점을 가진다. 그러나 기존 IP 라우팅 프로토콜은 완전한 ATM 망 토폴로지 정보를 알지 못하므로 최적 라우팅 경로를 계산하지 못할 수 있으며 ATM 망의 QoS를 효과적으로 활용하지 못한다는 단점을 가진다.

• 통합 라우팅 모형(integrated routing model)

ATM 라우팅과 IP 라우팅을 하나로 통합한 라우팅 프로토콜을 사용하는 모형으로 ATM 스위치가 직접 IP 라우팅 프로토콜을 수행하거나 IP 라우팅 프로토콜이 ATM 스위치의 forwarding 테이블을 설정하는 형태로 구현될 수 있다. 통합 라우팅 방식은 ATM 프로토콜 변경이 요구되지만 2계층(ATM)과 3계층(IP) 토폴로지 정보 모두를 고려하여 3계층 트래픽 전달 경로를 결정하므로 계층간 연동의 비효율성을 제거할 수 있다는 장점을 가진다. 이는 OSPF와 같은 기존 IP 라우팅 프로토콜에 의한 토폴로지 정보를 LDP(Label Distribution Protocol)⁽¹⁴⁾ 또는 IFMP(Ipsilon Flow Management Protocol)⁽¹⁵⁾와 같은 단순화된 신호 프로토콜과 연계하여 ATM 망에 3계층 트래픽 전달 경로를 설정하는 방식을 사용하거나, I-PNNI(Integrated PNNI)⁽¹⁶⁾와 같이 2계층과 3계층 모두에 적용될 수 있는 새로운 통합 라우팅 프로토콜을 사용한다.

다. 모형 별 특징

표 4와 같이 이러한 주소 모형과 라우팅 모형의 조합으로 3개의 ATM 기반 IP 트래픽 전달 모형으로 분류할 수 있다.

표 4. 주소 및 라우팅 모형의 조합에 의한 분류

| 주소 모형 / 라우팅 모형 | 서브넷 주소 모형 (Subnet addressing model) | 대동 주소 모형 (Peer addressing model) |
|--------------------------------------|--|--|
| 계층 라우팅 모형 (Layered routing model) | 오버레이 모형 (Overlay model) - MPOA, NHRP | |
| 통합 라우팅 모형 (Integrated routing model) | 다계층 스위칭 모형 (Multilayer switching model) - MPLS - Tag switching - ARIS | 통합 모형 (Integrated model) - IP switching |

• 오버레이 모형(overlay model)

오버레이 모형은 ATM망을 단순히 IP 트래픽 전달을 위한 고속의 전달망으로 활용하는 모형으로 ATM 망 내에 주소 변환이나 전달 경로를 결정해 주는 서버가 존재해야 한다. 이 모형은 IP 트래픽 전달을 위하여 ATM 망에 아무런 변화를 요구하지 않으며, ATM 망의 QoS 및 멀티캐스팅 기능을 활용할 수 있다. ATM Forum의 LANE, MPOA, IETF의 Classical IP over ATM, NHRP 등이 이러한 범주에 속한다.

• 통합 모형(integrated model)

라우팅과 스위칭 기능이 밀접하게 결합된 모형으로 IP 스위치, CSR이 이 범주에 속한다. 이러한 모형은 IP 트래픽 흐름을 감지하여 각각의 흐름을 ATM 가상연결과 직접 매핑시키므로 ATM 신호 및 라우팅 기능을 전혀 사용하지 않는다는 특징을 가진다. IP 스위치와 CSR은 트래픽 흐름을 감지하여 short-cut 경로를 설정하여 전달한다는 면에서는 MPOA와 유사하지만, IP 스위치는 hop-by-hop으로 가상연결을 설정하는데 비하여 MPOA는 종단간 직접 가상연결을 설정하며, IP 스위치는 라우터 소프트웨어를 그대로 이용하며 MPOA는 ATM 소프트웨어를 그대로 사용한다는 점이 다르다. 따라서 통합 모형은 ATM 스위치의 제어 오버헤드를 최소화하여 IP 트래픽 전달을 위해 최적화시킨 모형으로 볼 수 있다.

• 다계층 스위칭 모형(multilayer switching model)

ATM망의 고속성과 인터넷의 확장성을 극대화 하고자 하는 모형으로 ATM 망에 토폴로지 기반의 종단간 전달경로를 미리 설정할 수 있는 라우팅 프로토콜을 사용하여 가상연결 설정에 관련된 오버헤드를 최소화 하고 있다. 이 방식은 홑 단위로 경로를 설정하는 IP 스위치나 흐름단위로 경로를 설정하는 MPOA에 비하여 제어 오버헤드가 적으며, 망의 토폴로지 정보에 따라 목적지 단위로 전달 경로가 설정되므로 가상연결의 수가 적어 확장성이 우수한 특징을 가진다. IETF에서 표준화가 진행되고 있는 MPLS 및 MPLS의 기반기술

이 되고 있는 태그스위칭 및 ARIS 기술이 이 범주에 속한다.

2. ATM 기반 데이터 전달 프로토콜

가. 오버레이 모형

• LAN 에뮬레이션(LAN Emulation)

LAN 에뮬레이션은 기존 이더넷이나 토큰링 LAN 응용 프로그램을 변경 없이 ATM 망에서 사용할 수 있도록 MAC 프레임을 ATM 망을 전달할 수 있도록 하는 프로토콜이다. 이는 송신단말에게 MAC 주소에 대응된 ATM 주소를 제공하여 송신단말이 목적지와 가상연결을 설정하고 프레임을 전달할 수 있도록 한다. 이를 위하여 초기화 시 가상 LAN을 구성할 수 있도록 하는 망 구성 정보를 제공하는 LECS, MAC 주소에 대응된 ATM 주소를 제공하는 LES 및 방송 MAC 주소를 가진 프레임을 가상 LAN에 속한 모든 단말로 전달해주는 BUS가 망 내에 구성되어야 한다. LANE 2.0에서는 복수의 서버를 사용할 수 있도록 하여 망의 신뢰성을 높이고 있다.

• MPOA(Multiprotocol over ATM)

MPOA는 서브넷 내의 다중 네트워크 프로토콜 트래픽 전달 기능인 LANE와 서로 다른 서브넷에 속한 중

단간에 네트워크 계층의 직접 통신 경로를 설정할 수 있는 NHRP의 장점들을 조합한 프로토콜이다. 이는 네트워크 계층 경로 계산과 트래픽 forwarding을 분리하는 가상 라우팅 기법을 채택하여 ATM망 환경에서 2계층 브리징과 3계층 라우팅 기능을 동시에 제공하기 때문에 ATM 망 및 기존 LAN에 접속된 단말간에 라우터 개입 없이 종단간 통신이 가능하다.

MPOA 망의 기본 구성은 그림 2와 같이 ATM 망에 직접 연결된 호스트 또는 기존 LAN을 ATM망에 접속하는 에지 디바이스 내의 기능인 MPC(MPOA Client)와, NHS(Next Hop Server) 기능과 네트워크 계층 트래픽 전달을 위한 정보를 MPC에 제공하는 역할을 담당하는 MPS(MPOA Server)를 포함한 라우터로 구성된다. 네트워크 계층의 서브넷은 LAN 에뮬레이션 2.0 프로토콜을 적용한 ELAN(Emulated LAN: 랜 에뮬레이션 프로토콜을 적용하여 구성된 가상 랜)으로 구성되며, 서브넷 내의 통신은 ELAN을 통하여 이루어진다. 서브넷간 통신에는 기본적으로 default 경로를 통하여 데이터를 전달하며, MPC가 연속된 데이터 흐름을 감지한 경우에만 두 지점간 shortcut 가상경로를 설정하고 이를 통하여 데이터를 전달한다.

• Classical IP over ATM(IPOA), NHRP(Next Hop Resolution Protocol)

IPOA와 NHRP는 서버로부터 IP 주소에 대응된 ATM 주소를 얻어 가상연결을 설정한 후 IP 패킷을

그림 1. LANE 망 구성

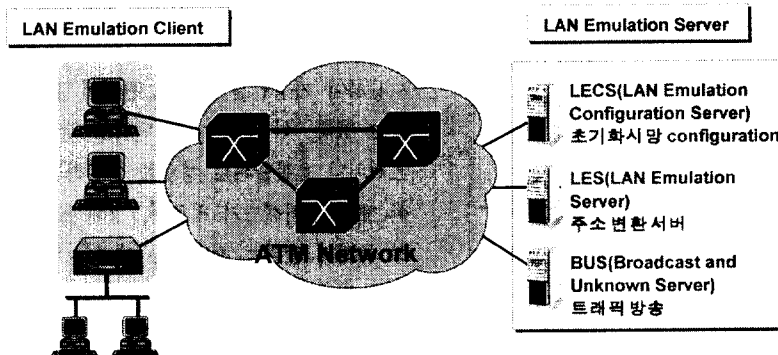
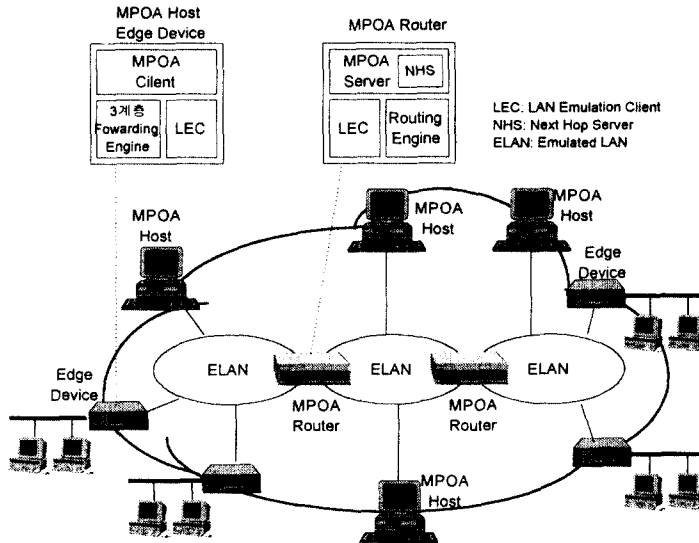


그림 2. MPOA를 적용한 ATM 망 구성



전달하는 서버 기반 프로토콜이다. IPOA는 하나의 LIS(Logical IP Subnet)내에서만 적용될 수 있으므로 LIS간 IP 패킷 전달시에는 라우터를 사용해야 한다는 제약이 있으나 NHRP에서는 서버간에 제어 메시지를 교환할 수 있는 프로토콜을 추가하여 서로 다른 LIS에 속한 종단간에 ATM 가상연결 설정 기능을 지원하고 있다. IPoA와 NHRP는 ATM망에서 라우터간을 접속하는 경우에 적용된다.

나. 통합 모형

• IP 스위치

입실론 IP 스위치는 ATM 스위치에 IP 라우터를 접속한 형태로 구성되며 ATM 스위치를 통하여 라우터로 입력된 패킷은 통상의 라우터와 동일한 방식으로 처리된다. 이때 라우터가 연속된 동일 경로의 패킷 흐름을 감지하면 연속된 패킷은 ATM 스위치를 통하여 직접 전달될 수 있도록 가상연결을 설정함으로써 통상의 라우터에 비하여 높은 성능을 얻을 수 있도록 하는 기술이다. 실험적으로 IP 트래픽의 80-90%는 ATM 스위치를 통하여 전달할 수 있는 long-lived 트래픽으

로 판명되고 있으므로 이 기술을 적용하면 기존의 동일한 성능의 라우터에 비하여 5-10배의 성능향상 효과를 기대할 수 있다. 그림 3과 같이 기본동작 상태의 IP 스위치는 패킷을 라우터 기능을 수행하는 IP 스위치 제어기로 전달하며 통상의 라우터와 동일하게 처리되어 전달된다. 이 과정에서 제어기는 패킷에 포함된 데이터 종류를 분석하여 동일 경로로 연속적인 패킷 흐름이 있을 것으로 판단되면 양단 노드간에 가상연결을 설정하며 연속된 패킷에 대해서는 ATM 스위치를 통하여 직접 전달되도록 한다.

그림 3. IP 스위치의 동작

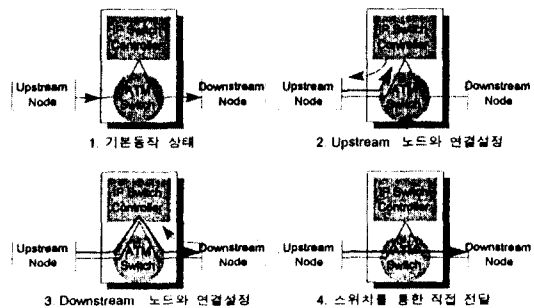


표 5. 오버레이 모형 프로토콜 비교

| | LANE | MPOA | Classical IP over ATM | NHRP |
|------------------------------|---|-----------------------|---|-------------------|
| 2계층 브리징 | O | O | X | X |
| 3계층 라우팅 | X | O | O | O |
| 서브넷간 통신 지원 | X | O | X | O |
| 멀티캐스팅 지원 | O(BUS의 방송 기능 이용) | O(LANE 기능 이용) | MARS 프로토콜 이용 | MARS 프로토콜 이용 |
| 멀티프로토콜 지원 | O | O | IP only | IP only |
| QoS 지원 | X | O | X | O |
| 표준화 상태 | ATM Forum LANE1.0 95.1.완성 LANE2.0 LUNI 97.7.완성 LANE2.0 LNNI 99.2.완성예정 | ATM Forum에서 97.7.완성 | RFC1577은 IETF에서 94.1.완성 Update 버전은 RFC 승인 단계 | IETF에서 RFC 승인 단계 |
| 서버의 종류 | LEC, LES, BUS | MPS, LEC, LES, BUS | ARP 서버 | NHS |
| 서버의 이중화 기능 | LANE 1.0 지원안됨 LANE 2.0 지원 | | RFC1577지원 안됨 Update 버전은 SCSP를 통해 지원 | SCSP를 통해 지원 |
| 기존 LAN단말을 ATM단말과 동일 서브넷으로 수용 | 브리지를 통하여 수용 가능 | 에지 디바이스를 통하여 수용 | 수용 불가 | 수용 불가 |
| 적용 영역 | LAN | 대규모LAN, Enterprise 백본 | 단일 서브넷에 단말 또는 라우터간을 접속하는 LAN/WAN | 다수의 라우터를 접속하는 WAN |

LUNI: LANE UNI RFC: Request for Comment

LNNU: LANE NNI MARS: Multicast Address Resolution Server

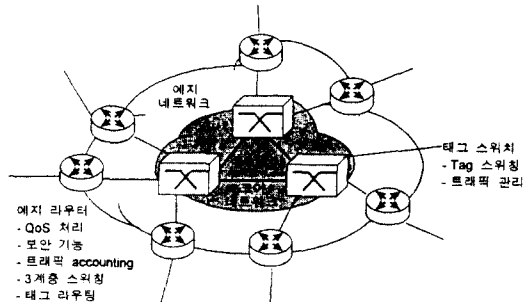
다. 다계층 통합 모형

• 태그 스위칭⁶⁾

태그 스위칭 기술은 망을 패킷 헤더의 고정 길이 태그에 의하여 스위칭 기능을 담당하는 태그 스위치와 망으로 입력되는 패킷의 라우팅을 처리하고 목적지 경로를 나타내는 태그를 패킷에 부가하는 태그 에지 라우터로 구분한다. 태그 스위치는 태그 값에 의한 스위칭 기능만을 담당하므로 라우터마다 패킷의 라우팅 기능을 처리하는 기존의 망에 비하여 성능을 높일 수 있다. 또한 태그를 ATM 셀의 VCI 값으로 대응시킬 경우 ATM 스위치를 태그 스위치로 적용할 수 있으므로 경제적인 망 구성이 가능하게 된다. 에지 라우터는

통상의 3계층 라우팅 기능을 수행하므로 2계층만으로 구성된 망의 확장성 한계를 극복할 수 있으며 패킷의 목적지에 따라 태그를 할당하므로 흐름기반의 가상채널을 설정하는 방식과 달리 과다한 가상채널(태그를 VCI값으로 대응시키는 경우)을 요구하지 않는다.

그림 4. 태그 스위칭을 위한 망 구조



따라서 태그 스위칭 기술은 많은 사용자로부터 도착된 다중화된 트래픽을 처리하는 WAN에 적합한 기술이다. 또한 3계층 정보의 종류에 따라 다른 값의 태그를 할당할 수 있으므로 트래픽에 요구되는 QoS를 용이하게 만족시킬 수 있으며, 태그를 ATM 셀의 VCI 뿐만 아니라 IPv6의 flow label등 다양하게 대응시킬 수 있어서 LAN, PoS(Packet over SONET), 2&3계층 스위치 등 다양한 망에 적용할 수 있다. 태그 할당은 3계층 프로토콜과는 독립적이므로 IP 뿐만 아니라 다양한 3계층 프로토콜을 용이하게 수용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

• IP Navigator^[1]

IP Navigator는 ATM 또는 프레임릴레이 백본을 에지 라우터간을 연결하는 단일 홉의 IP 망으로 연결하기 위한 기술이다. 이는 WAN의 다중점대점(multipoint-to-point) 터널링 기술을 조합하여 N개의 멀티캐스트 트리만으로 N개의 에지 라우터간을 단일 홉으로 연결하는 망을 구성할 수 있도록 한다. 초기화 시 스위치는 자신과 모든 타 스위치간을 연결하는 멀티캐스트 트리를 구성한 후 이 정보를 모든 스위치로 전달한다. 특정 에지 라우터를 목적지로 하는 패킷이 입력되면 패킷은 목적지의 에지 라우터를 root로 하는 멀티캐스트 트리의 역방향으로 패킷을 전달한다. WAN 스위치에서 패킷은 단순히 설정된 경로를 따라

전달되므로 스위치의 고속성을 활용할 수 있으며 가상 연결의 수가 에지 라우터 수의 증가에 따라 선형적으로 증가하므로 확장이 용이하다.

• ARIS(Aggregate Route-based IP Switching)^[6]

IBM의 ARIS 기술은 IP Navigator 기술과 매우 유사한 방식으로 ATM 망에 MP-to-P(multipoint-to-point) 트리를 설정하고 각 스위치에서는 VPI/VCI 값으로 매핑된 레이블에 의하여 IP 트래픽 전달 경로를 결정한다. 각 egress 라우터는 자신을 root로 하여 모든 에지 라우터를 가지로 하는 트리를 구성하고 트리의 경로에 자신을 목적지로 하는 트래픽의 스위칭을 위한 레이블을 할당한다. 각 트리의 레이블은 egress 라우터의 IP 주소값과 연계되어 할당된다.

• MPLS(Multiprotocol Label Switching)^[7]

태그 스위칭 기술과 ARIS 기술을 기반으로 IETF에서 표준화를 진행하고 있는 프로토콜로 레이블에 의하여 트래픽의 forwarding을 수행하는 레이블 스위치와 망에 입력되는 트래픽에 레이블을 할당하여 스위치로 전달하는 에지 라우터로 구성된다. 레이블의 할당은 3계층 프로토콜과 독립적이므로 다양한 3계층 프로토콜을 지원할 수 있으며 레이블 스위치로서 ATM 스위치 뿐만 아니라 프레임릴레이, 이더넷, SONET 등 다양한 망에 적용할 수 있다. 레이블 할당은 토폴로지 정

그림 5. ARIS의 MP-to-P 연결 설정 과정

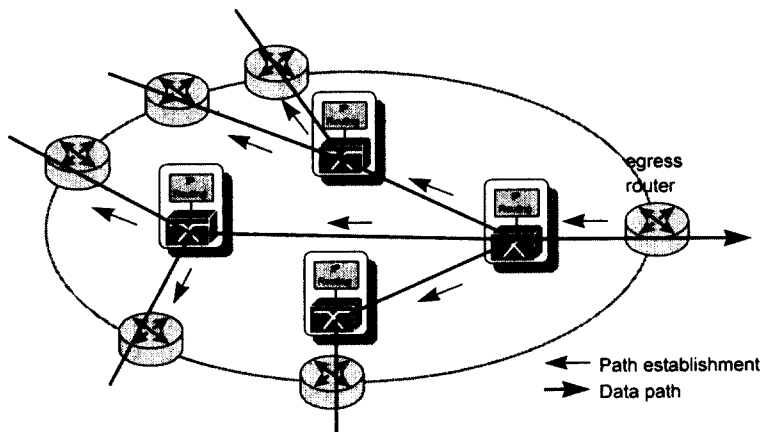


그림 6. MPLS의 동작

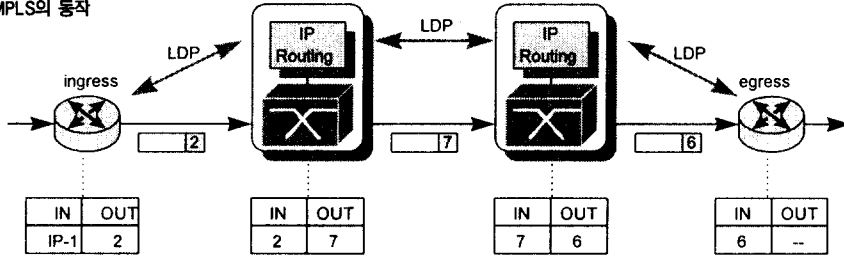


표 6. 모형들의 특성 비교

| | Overlay Model (MPOA) 예 | Integrated Model (IP Switch) 아니오 | Multilayer Switching Model(MPLS) 아니오 |
|--------------------|------------------------------|--|--|
| ATM 신호 사용 여부 | 예 | 아니오 | 아니오 |
| ATM 하드웨어 변경 여부 | 아니오 | 아니오 | 아니오 (VC merging 적용시 하드웨어 변경) |
| QoS 지원 | 예(흐름단위) | 예(흐름단위) | 예(클래스 단위) |
| 확장성 | 중간 | 중간 | 큼 |
| 적용영역 | LAN, Enterprise network | LAN, Enterprise network | WAN |
| Address Resolution | 서버(MPS) | 불필요 | 불필요 |
| 멀티캐스팅 | BUS 이용 | Switch의 P-to-MP 연결 이용 | Switch의 P-to-MP 연결 이용 |
| 가상연결의 수 | 보통 | 많음 | 적음 |

보에 의한 할당, 트래픽 흐름 기반 할당, 요구에 의한 할당 등 다양한 할당 방식이 고려되고 있다. ATM 망에 적용시 가상연결의 수를 $O(N)$ 으로 줄여 확장성을 높일 수 있도록 다수의 소스로부터 입력되는 트래픽을 하나의 VP 또는 VC로 다중화하는 VP merging 및 VC merging 기능이 고려되고 있다.

IV. ATM 기반 WAN에서의 IP 트래픽 전달

1. ATM WAN에서 IP 트래픽 전달을 위한 고려 사항⁽¹⁾

가. 가상연결의 수

WAN을 경유하여 타 에지 라우터와 단일 홉으로 연

결되기 위해서는 모든 라우터를 full-mesh로 연결해야 한다. 에지 라우터가 많아지면 ATM 가상연결의 수와 에지라우터의 경로 테이블 크기가 기하급수적으로 증가하게 된다. 따라서 ATM망의 가상연결 관리가 어려워지며 에지 라우터에서도 라우팅 경로 설정을 위한 라우팅 프로토콜의 부하가 증가하게 된다. ISP와 공중망에서는 많은 수의 에지 라우터가 접속되므로 ATM 백본에서는 가상연결의 수를 최소화하는 기술이 적용되어야 한다. IP 스위치, MPOA, CSR과 같은 흐름기반의 가상연결 설정 방식에서는 동일 목적지로 향하는 트래픽 흐름을 별개의 가상연결로 전달되므로 두 에지 라우터간에 다수의 가상연결이 설정될 수 있으므로 다수의 에지 라우터가 접속되는 대규모의 망에 적용하는데 한계가 있다. NHRP 또는 MPOA를 목적지 단위로 가상연결을 설정할 수 있도록 사용하는 경우에도 full-mesh 접속에 의한 기하급수적인 가상

연결의 증가는 필연적이다.

나. 가상연결 설정 오버헤드

연결형 망 기반의 IP 트래픽 전달 방안은 연결설정 및 해제를 위한 제어가 망에 과다한 부하로 작용하지 않아야 하며 연결 설정 지연이 트래픽 전달 지연에 미치는 영향을 최소화해야 한다. 오버레이 모형에서는 ATM 신호 방식을 그대로 이용하므로 가상연결의 설정 및 해제가 빈번하게 발생하는 경우 망에 과다한 신호처리 부하로 작용할 수 있다. 따라서 MPOA 및 NHRP에서는 패킷을 default 경로를 통해 전달하다가 패킷 전달 빈도가 일정 수준을 초과하는 경우에만 short-cut 경로를 설정하는 방법을 사용하고 있다. 신호 설정 지연이 트래픽 전달 지연에 미치는 영향을 최소화 하기 위하여 가상연결이 설정될 때까지 라우터를 통하여 전달하거나 전체 망으로 방송하는 방법을 사용하기도 한다. 또한 설정된 가상연결은 트래픽이 전달되지 않아도 일정시간 동안 유지시키고 있다. 통합 모형인 IP 스위치에서는 연결설정의 빈도가 많은 대신 단순한 가상연결 설정 프로토콜을 사용하므로써 제어 오버헤드를 감소시키고 있다. 다계층 스위칭 모형에서는 ATM 스위치의 forwarding 테이블 설정을 위한 단순화된 별도의 프로토콜을 사용하며 토폴로지 기반의 가상연결을 미리 설정함으로써 신호처리 오버헤드를 감소시킴과 동시에 연결설정 지연이 트래픽 지연에 부가되지 않도록 하고 있다.

다. QoS

ATM 망의 QoS를 제대로 활용할 수 있는 응용은 그다지 많지 않은 상태이나 점차 IP 기반 멀티미디어 응용을 효과적으로 제공하기 위한 QoS 지원의 중요성이 증대되고 있다. 가상연결의 수 및 대역폭 설정에 제약이 적은 LAN에서는 ATM 망의 QoS를 충분히 활용할 수 있는 환경이 요구되며, WAN에서는 서비스를 몇 개의 클래스로 나누고 클래스별 차별화 된 전달 서

비스를 제공하는 제한된 QoS가 요구된다. ATM 망에서 IP 트래픽 전달을 위한 가상연결 설정 방식은 다음과 같이 3가지로 분류할 수 있으며 QoS 지원은 가상연결 설정 방식과 밀접한 연관이 있다.

- 토폴로지 정보에 의한 연결설정
- 트래픽에 의한 연결 설정
- 사용자 요구에 의한 연결설정

토폴로지 정보에 의한 연결 설정 방식은 가상연결의 수를 감소시키고 연결설정 오버헤드를 줄일 수 있으나 이미 설정된 가상연결이 변동하는 트래픽의 요구 품질에 동적으로 대응하기 어렵기 때문에 best-effort 트래픽 전달에 적합하다. 반면에 트래픽 기반의 가상연결 설정 방식은 트래픽 특성에 따라 요구하는 QoS를 만족시킬 수 있으나 가상연결이 각각의 트래픽 흐름마다 설정되어야 하므로 연결설정에 관련된 오버헤드가 크다. 사용자 요구에 의해 가상연결을 설정하는 방식은 RSVP와 같이 연결형 트래픽 전달이나 또는 인위적으로 우회경로를 설정하는데 사용된다.

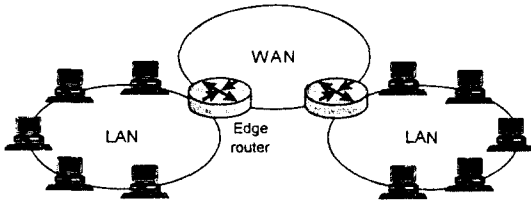
라. 보안

ATM 기반의 공중망은 대규모 인터넷 서비스는 스위칭 네트워크 특성상 망내에서 2계층 주소에 의한 VPN 구성은 가능하나 3계층 주소나 파라미터 값에 의한 패킷 필터링은 불가능하다. 따라서 3계층 관리 영역의 명확하게 구분할 수 있으며 보안을 위한 방화벽 기능이 용이하게 제공될 수 있는 3 계층 라우터를 통하여 공중망과 사설망을 접속하는 방안이 권장된다.

2. LAN과 WAN의 연동 시나리오

그림 7은 ATM 기반의 ATM LAN과 ATM WAN이 라우터를 통하여 접속되는 일반적인 형태를 나타낸다. LAN은 비교적 소수의 ATM 스위치들이 근접한 지역에 위치하며 가상연결 설정 지연이 비교적 적고 망 대역폭 사용에 따른 비용이 부과되지 않으므로 연

그림 7. WAN을 통한 LAN간 접속



결 설정 및 해제에 관련한 제약이 적다. ATM LAN에는 단말이나 기존의 LAN이 접속되므로 기존의 LAN과의 상호 운용성이 중요한 프로토콜 고려변수가 된다. 향후 ATM LAN은 다양한 멀티미디어 응용 서비스를 제공할 수 있어야 하므로 QoS가 지원되어야 하며 그룹내 화상회의 등과 같이 그룹간 응용이 증가할 것이므로 ATM-LAN은 동적인 멀티캐스팅 기능이 지원될 수 있어야 한다. 따라서 MPOA와 같이 트래픽의 QoS를 효과적으로 지원할 수 있는 트래픽 흐름 기반의 가상연결을 설정할 수 있는 데이터 전달 프로토콜을 적용해야 한다.

반면에 WAN은 다수의 에지 라우터간을 접속하며 에지 라우터의 수에 비하여 필요한 가상연결의 수가 최소화될 수 있도록 토폴로지 기반의 가상연결을 지원할 수 있는 프로토콜을 적용해야 할 것이다. 또한 최소한의 QoS를 지원할 수 있도록 트래픽을 몇 개의 클래스로 나누어 전달할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

에지 라우터는 다수의 단말로부터 트래픽을 집선하여 WAN으로 전달함으로써 WAN의 가상연결의 수를 감소시키는 역할을 담당한다. 즉 에지 라우터 없이 LAN과 WAN이 직접 접속된 경우 외부와 통신하는 LAN 단말들은 직접 WAN을 경유한 가상연결을 설정해야 하므로 LAN/WAN 접속점의 가상연결의 수가 크게 증가할 수 있다. 에지 라우터가 LAN의 QoS 트래픽을 WAN을 경유하여 타 LAN으로 전달하기 위해서는 LAN으로부터 입력된 IP 트래픽의 application을 분석하여 WAN에서 지원하는 적절한 CoS로 매핑 시킬 수 있는 4 계층 처리 기능을 갖추어야 한다^[21].

V. 결 론

ATM 망에서 데이터를 전달하기 위한 다양한 프로토콜들을 주소 모형과 라우팅 모형에 따라 분류하고 각각의 특성과 적용 영역을 분석하였다. ATM 기반 데이터 전달 프로토콜은 고속화, 성능 대 가격 비의 향상, QoS 지원 그리고 확장성을 높이기 위한 방향으로 발전해 왔으며 특히 ATM의 스위칭 능력을 활용하여 3계층 처리 능력을 극대화할 수 있도록 하는 방안

표 7. IP 전달을 위한 LAN/WAN 기능

| | 기능 | 프로토콜 기능 | 추천 프로토콜 |
|-------|--|---|------------|
| LAN | - 단말 접속 - 연결 설정 오버헤드 적음 - 동적인 멀티캐스팅 기능 | - QoS 지원 - 트래픽 흐름 기반의 가상연결 설정 방식 - 멀티캐스팅 지원 | MPOA |
| 에지라우터 | - LAN/WAN 연동 - LAN 트래픽 집선 (WAN 가상연결 감소) - 보안을 위한 방화벽 | - LAN QoS/WAN CoS 매핑 - 4계층 스위칭 기능 - 보안 프로토콜 | 4계층 처리 라우터 |
| WAN | - 에지 라우터간 접속 - 연결 설정 오버헤드 큼 - 정적인 멀티캐스팅 | - 토폴로지 정보에 의한 연결설정 방식 - CoS(Class of Service) 지원 | MPLS |

에 관심이 집중되고 있다.

최근 기가비트 이더넷 출현과 함께 대용량 이더넷 스위치의 보급이 활발해짐에 따라 이더넷의 가격 경쟁력이 높아지고 있으므로 단순 데이터 전달을 위한 LAN에서는 스위치와 IP 라우팅 기능을 통합한 다계층 스위치를 백본으로 하는 이더넷이 주류를 이룰 것으로 보인다. 따라서 LAN에서는 ATM 망의 QoS를 충분히 활용하여 멀티미디어 트래픽 전달에 적합한 망으로 발전시켜 이더넷과의 차별성을 보일 수 있어야만 ATM 망의 입지를 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

WAN에서는 가상연결의 수를 $O(N)$ 으로 망을 구성할 수 있는 다양한 프로토콜들이 제안되고 있으나 아직까지 가능성만 제시되고 있을 뿐 QoS 및 멀티캐스팅 기능 지원 측면에서 프로토콜의 충분한 검증이 이루어지지 않고 있다. 특히 가상연결의 수를 줄이기 위해 사용하는 다중점 대 점 가상연결에서 트래픽 관리 기능이 원활하게 이루어질 수 있는지에 대한 충분한 분석이 이루어져야 할 것이다. 이러한 프로토콜들의 또 다른 제약점은 기존 ATM 제어 프로토콜 대신 새로운 프로토콜들을 사용하기 때문에 ATM 스위치의 변경이 요구된다는 것이며 공중망에서 이러한 변경을 받아들이기가 쉽지 않다는 것이다.

이러한 점을 감안해 볼 때 ATM 기반의 WAN을 위한 데이터 전달 프로토콜의 완성에는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상되며 당분간은 best-effort 트래픽 전달을 위한 단순한 프로토콜이 사용될 것으로 전망된다.

참고문헌

- (1) David Passmore, Jonathan Bransky, Route once Switchmany, http://www.netreference.com/Documents/WhitePapers/WPIIndex_index, July 1997.
- (2) John McQuillan, Major Trends in Broadband Networking, NGN'97 Tutorial, pp. 507-712, 1997
- (3) Ipsilon Networks, IP Switching: The Intelligence of Routing, the Performance of Switching, <http://www.ipsilon.com/productinfo/techwp1.html>, Feb. 1996.
- (4) TOSHIBA Corporation, Cell Switch Router, ftp://ftp.wida.toshiba.co.jp/pub/csr/white_paper.ps.gz, Nov. 1996.
- (5) Harry Dhillon, Hiroyuki Ichikawa, Rajeev Gupta, Proposed Requirements Baseline for a Native ATM Connectionless Service, ATM Forum/98-0023R1, February 8, 1998
- (6) Yakov Rekhter, Burce Dave, Dave Katz, Eric Rosen, George Swallow, Tag Switching Architecture overview, Cisco, http://www.cisco.com/warp/public/732/tag/switar_c_draft.html, Sep. 1996.
- (7) Eric C. Rosen, Arun Viswanathan, Ross Callon, A Proposed Architecture for MPLS, IETF draft-ietf-mpls-arch-00.txt, August 1997
- (8) Chris Metz, Aggregate Route-Based IP Switching (ARIS), NGN'97 Proceeding, 1997
- (9) ATM Forum Technical Committee, Multiprotocol Over ATM Version 1.0 - Straw Ballot, ATM Forum/str-mpoa-mpoa-01.00, MPOA WG, February 28, 1997.
- (10) Erica Roberts, High-Speed Routing IP On Speed, Data Communications, pp. 84, Mar. 1997, http://www.data.com/roundups/ip_speed.html
- (11) LAN Emulation over ATM Version 1.0, ATM Forum af-lane-0021.000, Jan. 1995.
- (12) M. Laubach, Classical IP and ARP over ATM, IETF RFC 1577, Jan. 1994.
- (13) IETF Routing over Large Clouds Working Group, NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP), draft-ietf-rolc-nhrp-15.txt
- (14) Feldman, P. Doolan, A. Fredette, L. Andersson, LDP Specification, Nov 1997.
- (15) P. Newman, W.L. Edwards, R. Hinder, E. Hoffman, Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4 Version 1.0, IETF RFC1953, May 1996.
- (16) Jason Jeffords, Integrated PNNI (I-PNNI) v1.0 Specification, ATM Forum, btd-prni-ipnni-01_01.doc, April 27, 1997.
- (17) 전병천, 백기진, 김영선, 주기동 데이터 통신의 고속화를 위한 신기술, 통권번호 794, 14-33면, 1997.04.30.
- (18) IETF Network Working Group, Tag Distribution Protocol, draft-doolan-tdp-spec-00.txt, Internet Draft, September 1996.

[19] Recharad Palmer, Network Layer Switching: Scaling performance for Network Services, NGN96 Thursday, pp. 61-68, Nov. 14, 1996.

[20] Bill Hawe, Development of IP Switching, NGN96 Wednesday, pp. 107-113, Nov. 13, 1996.

[21] Jonathan Bransky, David Passmore, Layer 4 Switching http://www.netreference.com/Documents/WhitePapers/WPIndex_index, Sep. 1997.

[22] Philip Dumortier, Towards a New IP over ATM Routing Paradigm, ISS'97 Proceeding, pp. 189-195, Sep. 21, 1997.



전 병 천

- 1984년 2월 : 충남대학교 공과대학 전자공학과(학사)
- 1986년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1992년 8월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 박사
- 1987년-1988년 : 국방과학연구소 연구원
- 1988년-1998년 : 현재 한국전자통신연구원 책임연구원
교원기술연구단 초고속서비스연구실



정 택 원

- 1979년 2월 : 서울대학교 공과대학 전기공학과(학사)
- 1981년 2월 : 동 대학원(석사)
- 1991년 7월 : University of Florida(Ph.D in EE)
- 1983년 - 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
교원기술연구단 초고속서비스연구실장



이 형 호

- 1977년 2월 : 서울대학교 공업교육과 전자전공 (공학사)
- 1979년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
- 1983년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
- 1984년 12월 ~ 1986년 11월 : 미국 AT&T Bell 연구소 방문연구원
- 1995년 1월 ~ 현재 : 대한전자공학회 회지편집위원장
- 1996년 9월 ~ 현재 : 충남대학교 전자공학과 겸임교수
- 1983년 9월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원,
교원기술연구단 계통연구부장



임 주 환

- 1972년 2월 : 서울공대 공업교육(전자) 학사
- 1979년 2월 : 서울대 대학원 석사
- 1984년 7월 : 독일 Braunschweig 공대 박사
(통신시스템 전공)
- 1978년 ~ 1979년 : 한국통신기술연구소 연구원
- 1979년 ~ 1984년 : 독일 Braunschweig 공대
통신시스템연구소 연구원
- 1984년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 (책임연구원)
ISDN연구부장, 교원연구부장 역임
정보통신표준연구센터장 역임
(현) 교원기술연구단장