

〈主 題〉

ATM과 연동을 위한 인터넷의 표준화: IETF와 ATM 포럼

홍 석 원

(명지대 전기전자 공학부 조교수)

□차 례□

I. 서 론	V. 인터넷통합 서비스를 위한 자원 예약 프로토콜(RSVP)
II. IETF와 ATM포럼의 관련 워킹 그룹(working groups)	VI. 인터넷과 ATM의 서비스 모델 매핑
III. IP over ATM	VII. RSVP와 ATM VC관리
IV. 인터넷 통합 서비스 모델(Integrated Services Internet Model)	VIII. 결 론

I. 서 론

현재 우리가 사용하고 있는 인터넷 모델은 그림1과 같다. 인터넷 모델에서 IP 호스트는 데이터 링크 계층의 서브넷(data link subnet)에 연결되며 링크 계층의 주소와 IP 주소를 갖게 된다. 데이터의 전송을 위해서 IP 호스트는 상대방 호스트가 같은 링크에 연결되어 있는지 확인하고 같은 링크에 연결되어 있을 때는 주소 변환(ARP) 과정을 거쳐 IP 주소로부터 링크 주소를 찾아내어 IP 패킷의 전송을 하게 된다.

현재 인터넷은 링크 계층으로 LAN과 전용선(혹은 전화선 모델 라인)을 주로 사용하고 있다. 최근 ATM은 인터넷의 새로운 링크 계층 기술의 대안으로 등장하고 있다. 인터넷의 입장에서는 고속의 전송을 할 수 있는 링크 기술로서 ATM 기술을 필요로 하고 있으며 또한 앞으로 인터넷 통합 서비스(Integrated Services)를 위해서 ATM의 QoS를 보장하는 링크 기술이 더욱 필요하게 되고 있다. ATM의 입장에서도 Native ATM API 서비스로는 아직 대중성을 찾기 어렵고 따라서 현재 가장 보편화된 서비스의 하나인 인터넷 서비스를 ATM 링크 위에서 제공해 주고 싶은 것이다.

이러한 서로의 필요성 때문에 두 기술의 연동 문제는 최근 통칭 "IP over ATM"이라는 이름으로 활발

히 논의되고 있다. 초기의 IP 고전적 모델에서부터 시작하여 IP over ATM 기술이 논의되고 있는 폭은 상당히 넓다고 할 수 있다. 본 논문에서는 인터넷과 ATM의 두 표준화 기구인 IETF(Internet Engineering Task Forces)와 ATM 포럼에서 최근까지 논의된 내용을 정리해 본다. 논의하게 될 주제가 광범위하므로 주로 주요 과제의 핵심과 현재까지의 결과를 중심으로 서술하기로 하고 관련된 가장 최근의 문서를 인용해 보기로 한다.

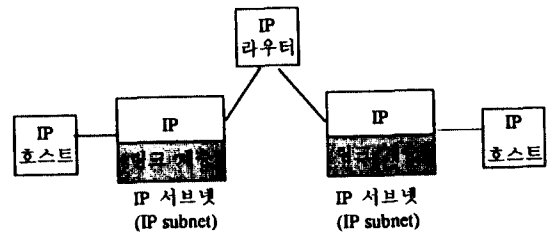


그림1: 인터넷 모델

II. IETF와 ATM 포럼의 관련 워킹 그룹(working groups)

이 절에서는 먼저 이 문제를 다루는 두 기구의 상호 관련있는 워킹 그룹부터 살펴보기로 한다.

인터넷과 ATM의 연동을 다루는 IETF와 ATM 포럼의 워킹 그룹을 그림2와 같이 정리할 수 있다.

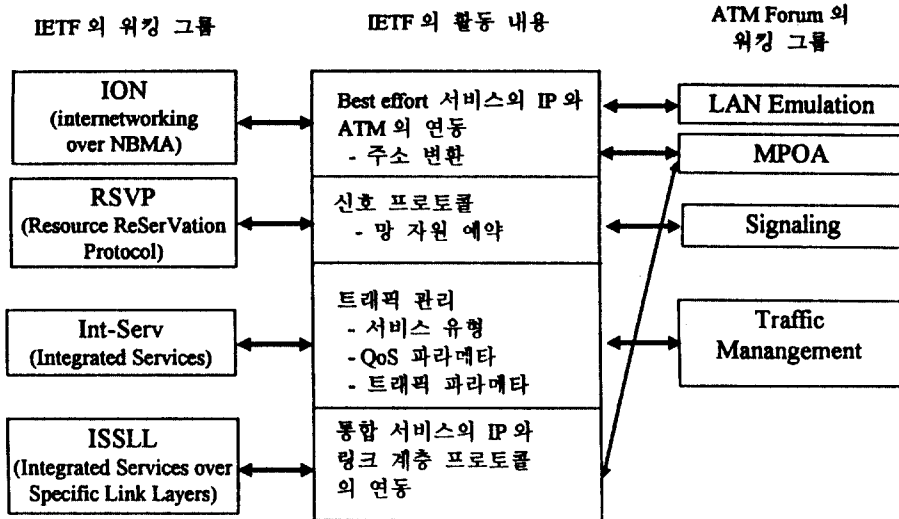


그림 2: IETF와 ATM Forum의 관련 워킹 그룹과 활동 내용

인터넷과 ATM의 첫 만남은 ATM망을 통해서 인터넷 서비스를 제공하기 위한 시도에서 비롯된다. 물론 이 때의 인터넷 서비스는 현재의 "best effort"에 기초한 서비스이다. 이 시도는 이미 classical IP over ATM이라는 명칭으로 널리 알려져 있다. IETF에서는 Internetworking Over NBMA(Ion) 워킹 그룹에서 ATM 망을 인터넷의 서브넷(subnet)으로 사용할 때 IP의 연동 절차를 규정하고 있다[1]. 인터넷의 서브넷 중에서 서버(server)의 도움이 없으면 브로드캐스트(broadcast)나 멀티캐스트(multicast)가 가능하지않은 망을 NBMA(Non-Broadcast Multiple Access)망이라고 부른다. NBMA는 이더넷(Ethernet) 같은 기존의 LAN과는 다른 인터넷 서브넷을 지칭하는 것이며, ATM망 뿐만 아니라 프레임 릴레이나 X.25망도 이 부류에 속한다.

인터넷의 입장에서는 ATM망도 여러 서브넷 중에 하나에 불과하듯이 ATM 망의 입장에서 보면 인터넷, 즉 IP 프로토콜은 여러 네트워크 프로토콜 중에서 하나에 불과하다. 따라서 ATM 포럼에서는 동일한 문제에 대해서 모든 네트워크 프로토콜을 ATM망에 연동하기 위한 시도를 하고 있는데 관련되는 워킹 그룹으로는 LAN Emulation, MPOA(Multiprotocol Over ATM) 워킹 그룹이 있다[2].

최근의 인터넷 그룹에서는 현재의 best effort 서비스 뿐만 아니라 리얼 타임 비디오, 오디오와 같은 서비스를 인터넷을 통해 제공하기 위한 시도를 활발히 진행하고 있다. 원래 TCP/IP 프로토콜은 best effort 서비스에 기초하여 데이터의 전송을 목적으로 만들어졌으며 전송되는 패킷의 지연 시간이나 손실에 대해서는 아무런 보장을 약속할 수 없다. 이러한 새로운 서비스를 위해서는 먼저 best effort 이외의 서비스에 대한 모델을 정립할 필요가 있다. 이러한 작업은 IETF의 Int-Serv 워킹 그룹에서 수행하고 있다[3]. Int-Serv 그룹에서 정의하는 인터넷 통합 서비스(Integrated Services) 모델은 ATM 포럼의 트래픽 관리(Traffic Management) 워킹 그룹에서 ATM 망을 통해 제공되는 서비스에 대한 유형(service class)과 각 서비스 유형에 해당하는 QoS와 트래픽 파라미터를 규정하는 작업에 대응할 수 있다.

연결형 방식에 기초한 ATM 모델에서는 양 종단 간에 연결을 통해서 서비스가 요구하는 QoS를 보장해 주는데 이를 위해 신호 프로토콜(signaling)을 사용한다. 인터넷에서도 QoS를 보장하기 위해서는 대역폭을 예약하는 것이 필요한데 IETF의 RSVP 워킹 그룹이 이 작업을 담당하고 있다[4].

인터넷을 통해 통합 서비스를 제공하기 위해서 요구되는 자원의 제공은 최종적으로 인터넷의 링크 계층 서브넷을 통해서 실현된다. 따라서 통합 서비스를 제공하기 위한 특정 하부망과의 서비스 매핑 등의 작업을 담당하는 워킹 그룹으로 Integrated Services Over Specific Link Layer(ISSLL)이 존재한다[5]. 인터넷의 입장에서 보면 여러 링크 계층 프로토콜을 대상으로 하기 때문에 이렇게 이름이 붙여졌지만 ATM의 입장에서 보면 Integrated Services over ATM이라고 할 수 있을 것이다.

Ⅲ. IP over ATM

3.1 IETF의 고전적 IP 모델과 ATM 포럼의 LAN Emulation

현재 IETF에서 사용하는 IP over ATM 모델은 ATM망을 인터넷의 서브넷으로 간주하는 기존의 인터넷 모델을 그대로 사용하고 있다. 여기서 서브넷의 의미는 양 종단간에 네트워크 계층으로서 IP의 연결을 유지하며 중간에 ATM망은 데이터 링크 계층으로서 역할을 담당하게 된다. 이러한 IP over ATM 모델은 오버레이 모델(overlay model)이라고 불리우기도 한다.

이러한 오버레이 모델의 가장 단순한 형태는 IETF의 고전적 모델(classical model)이다. 고전적 모델에서는 ATM망은 하나 혹은 여러 개의 논리 IP 서브넷(Logical IP subnet:LIS)으로 구성되며 LIS 사이에는 라우터에 의해 연결된다. 고전적 모델에서는 현재 인터넷에 설치된 라우터와 IP 호스트에 어떤 변화도 필요하지 않으며 이 점이 고전적 모델을 가장 먼저

시도하게 된 이유라고 볼 수 있다.

이더넷(Ethernet)을 링크 계층(link layer)으로 사용할 때와 마찬가지로 ATM을 링크 계층으로 사용할 때의 가장 핵심적인 과제는 ATM 주소와 IP 주소의 변환이다. RFC 1577에서는 ATMARP 서버에 의한 주소 변환(address resolution) 절차에 대해 정의하고 있다[6]. RFC 1577에서는 하나의 LIS 내에 하나의 ATMARP 서버만 존재하는 것으로 가정하고 있다. 그러나 서버가 고장이 발생하는 위기 상황을 고려한다면 둘 이상의 보완용 서버가 필요하다. 이렇게 다수의 서버가 존재하는 경우를 중심으로 RFC 1577의 보완 작업이 진행되고 있다[7]. 이 문서가 최종 승인을 얻으면 RFC 1577과 RFC 1626을 대체하게 된다. 또한 LIS 내에 존재하는 다수의 서버간에 변화된 내용을 동기적으로 갱신(update)하는 Server Cache Synchronization Protocol(SCSP)을 정의하는 작업이 진행되고 있다[8].

IP 패킷은 AAL5 프레임에 실려서(capsulation) ATM망을 통해 전달되는데 이 때 AAL5 프레임에 캡슐화하는 방식은 RFC 1483에 정의되어 있다[9]. RFC 1626에서는 LIS내에서 사용하는 디폴트 MTU 크기를 9180 옥텟으로 규정하였다[10]. 또한 RFC 1755에는 IP 패킷을 ATM망을 통해 전달하기 위한 신호 절차를 UNI 3.1에 근거하여 규정하고 있으며 UNI 4.0 신호 방식에 기초한 보완 작업이 현재 진행 중이다[11,12].

IETF의 고전적 모델에 대응하는 ATM 포럼의 작업으로 LAN 에뮬레이션(Emulation)이 있다. LAN 에뮬레이션에서는 LAN의 MAC 계층에서 ATM 계층과의 브리징 기능에 의한 연결을 시도하고

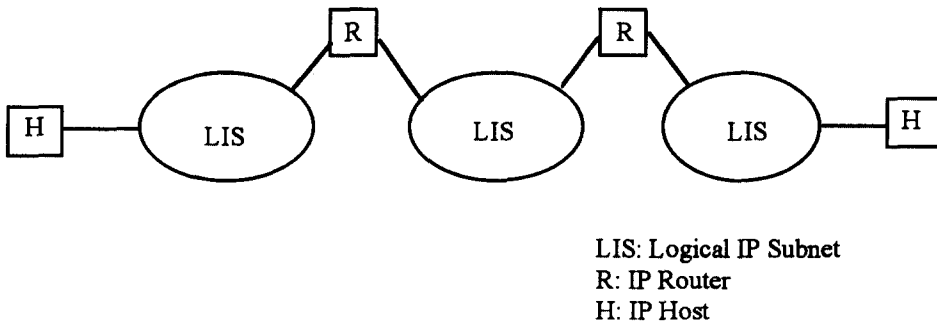


그림3: IETF의 고전적 모델

있다[13]. 이러한 연결에서는 네트워크 계층의 프로토콜은 감추어져 있다.

3.2 IETF의 NHRP와 ATM 포럼의 MPOA

고전적 모델에서는 다른 LIS에 속한 IP 호스트 간의 ATM 연결은 LIS를 연결하는 라우터를 통해서 이루어진다. 두 호스트 간에 동일한 NBMA 망, 즉 동일한 ATM 망에 연결되어 있더라도 소속된 LIS가 다르면 두 호스트 간에 하나의 VC를 설정할 수 없으며 LIS 사이의 라우터에서 VC가 종단되고 다시 라우터에서 새로운 VC가 설정되어야만 한다. 이러한 고전적인 모델에서의 VC연결이 그림4에 나와 있다.

NHRP(Next Hop Resolution Protocol) 모델은 고전적인 모델의 한계를 극복하고 동일한 ATM망에 접속된 IP 호스트 간에는 직접 ATM 연결을 설정할 수 있도록 한다[14]. NHRP 모델에서는 고전적 모델의 ATMARP 서버와 같이 Next Hop Server(NHS)가 존재하여 다른 LIS에 속한 IP 호스트의 주소 변환을 수행한다. NHS는 IP 라우팅 경로 상에 위치하게 되며 일반적으로 라우터에서 그 기능을 담당한다. 여기서 주의해야 할 점은 NHRP는 라우팅 프로토콜이 아니라, LIS 사이에서 주소 변환을 수행하는 프로토콜이며, 목적지 호스트의 주소를 찾아가는 라우팅은 기존의 IP 라우팅 방식을 그대로 사용한다는 것이다.

ATM 포럼의 MPOA(Multiprotocol Over ATM) 모델은 IETF의 NHRP 모델에 해당한다. IETF의 NHRP 모델에서는 모든 링크 계층 위에서 IP가 동작할 수 있도록 하는데 비해서 MPOA에서는 ATM망 위에서 모든 네트워크 계층의 프로토콜을 지원하고자 한다. ATM 포럼의 LAN 에뮬레이션은 IETF의 고전적 모델과 같이 서로 다른 LAN 에뮬레이션 서브넷(E-LAN이라고 불리운다)에 있는 호스트 사이에는 비록 동일한 ATM망에 연결되어 있더라도 하나의 VCC를 설정할 수 없다. IETF와 마찬가지로 ATM 포럼에서도 이러한 제약을 극복한 LAN 에뮬레이션 모델의 확장으로 MPOA 모델을 제시하고 있다[15].

ATM 포럼의 MPOA 워킹 그룹의 목표는 ATM 망에서 모든 3 계층의 프로토콜을 지원하면서 동시에 이러한 네트워크 계층의 프로토콜이 ATM의 QoS 기능을 이용할 수 있도록 하는데 두고 있다. 다른 서브네트에 속한 호스트가 직접 연결할 수 있도록 하기 위해서 MPOA에서는 IETF의 NHRP의 주소 변환 프로토콜을 그대로 적용하였다. 또한 MPOA에서는 IETF의 RFC 1483의 멀티프로토콜 캡슐화 방식을 그대로 사용하였으며 또한 멀티캐스트를 위해서 다음 절에서 설명하는 IETF의 IP 멀티캐스트를 위한 MARS/MCS 개념을 그대로 적용하고 있기 때문에 IETF와 ATM 포럼의 작업 간에는 상당한 호환성을 유지하고 있다[16]. 현재 진행 중인 작업은 1997년 말에 최종 승인된 문서가 발간될 예정이다.

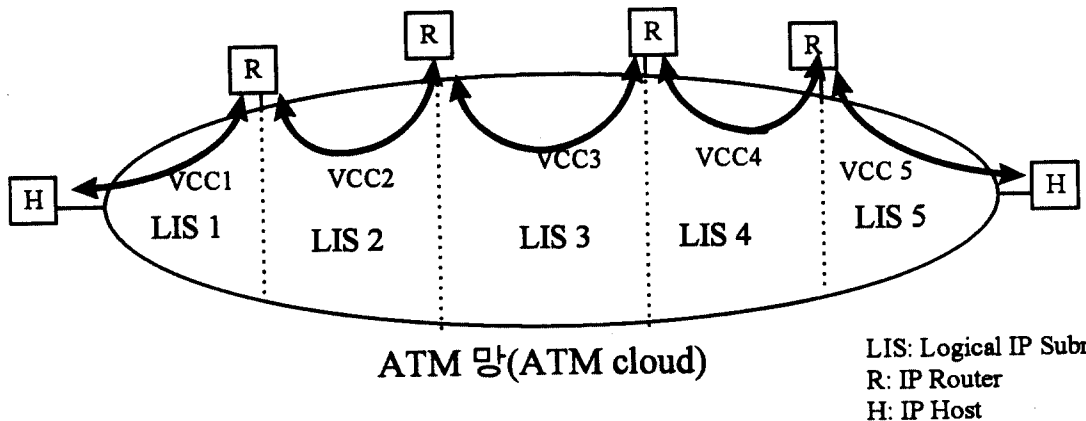


그림4: 고전적 IP 모델에서의 VC 연결

서비스는 인터넷 하부망, 즉 링크 계층의 지원을 통해서 이루어진다. 따라서 앞 절에서 언급한 통합 서비스 모델과 RSVP는 구체적인 링크 계층을 통해서 실현된다.

이제 다시 IP over ATM의 문제로 돌아갈 시점이 왔다. IETF에서는 인터넷 통합 서비스를 링크 계층을 통해 전달할 때의 문제를 위해 Integrated Services Over Specific Link Layers(ISSLL) 워킹 그룹을 작년 11월에 구성하였다[5]. IETF 입장에서 볼 때는 IP 아래의 링크 계층 프로토콜로는 모든 기술이 가능하기 때문에 specific link layer라는 이름을 붙였다. 실제 ISSLL 워킹 그룹에서 현재 고려하고 있는 링크 계층 프로토콜로는 이더넷, 토큰 링, serial line등의 여러 가지가 있다. 물론 그 중의 하나가 ATM이다.

인터넷 통합 서비스를 ATM을 통해 제공하기 위해서는 크게 두 단계의 작업이 필요하다. 먼저 인터넷 통합 서비스 모델과 ATM 서비스 모델을 매핑(mapping)하는 작업이다. 인터넷과 ATM의 서비스 모델은 개념 상으로는 매우 유사하지만 일단 서로 다른 용어를 사용하고 있기 때문에 비슷한 개념의 서로 다른 용어를 찾아 매핑하는 작업이 필요하다. 매핑 작업은 제일 먼저 서비스 유형(ATM의 service class, IETF의 service types)을 매핑하고 각 유형에 관련된 파라메타를 매핑시켜야 한다. 그리고 ATM 신호 메시지를 통해 전달되는 정보 요소

(information element)와 RSVP 메시지를 통해 전달되는 flowspec의 변수를 매핑해야 한다. 3절에서 설명한 고전적 모델에서의 IP over ATM의 경우 ATM UNI 3.0/3.1 신호 메시지의 정보 요소의 값에 대해서는 RFC 1755에 나와 있다[11]. 이 경우에는 IP 서비스가 best effort 서비스 하나 뿐이고 RSVP를 사용하지 않기 때문에 비교적 간단히 ATM 정보 요소를 결정할 수 있었다. 인터넷과 ATM의 경계에서 IWF(Interworking Function) 장치의 기능을 도식화하면 그림7과 같다.

현재 ISSLL 워킹 그룹에서는 guaranteed 서비스와 controlled-load 서비스에 대해서 ATM 서비스 모델과 매핑한 문서를 발표하였다[36]. 이 문서에서는 위의 두 IP 서비스와 ATM 포럼의 TM/UNI 4.0, SIG/UNI 4.0에 대해서 서비스 유형, QoS와 트래픽 파라메타, 그리고 신호 메시지의 정보 요소에 대한 매핑을 시도하고 있다. ATM 포럼과 IS 모델의 서비스 유형은 그림8과 같이 매핑된다.

다음 단계로 ATM의 트래픽 관리에서 정한 각 서비스 유형의 QoS, 트래픽 파라메타와 IS 모델의 Tspec, RSpec의 파라메타의 매핑이 필요하다. 위의 문서에서는 이러한 매핑의 하나의 방안을 제안하고 있는데 아직 시작의 단계로서 앞으로 ISSLL 워킹 그룹에서 많은 논의가 이루어질 것이다.

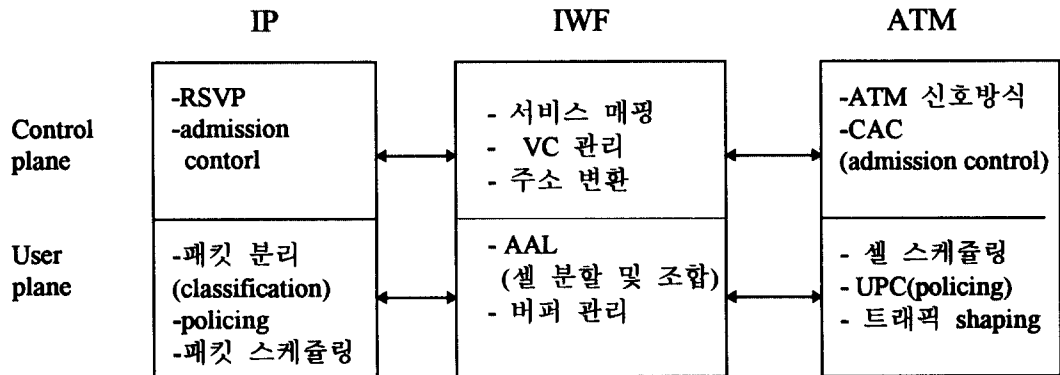


그림7: 인터넷과 ATM의 IWF(Interworking Function) 장치의 기능[36]

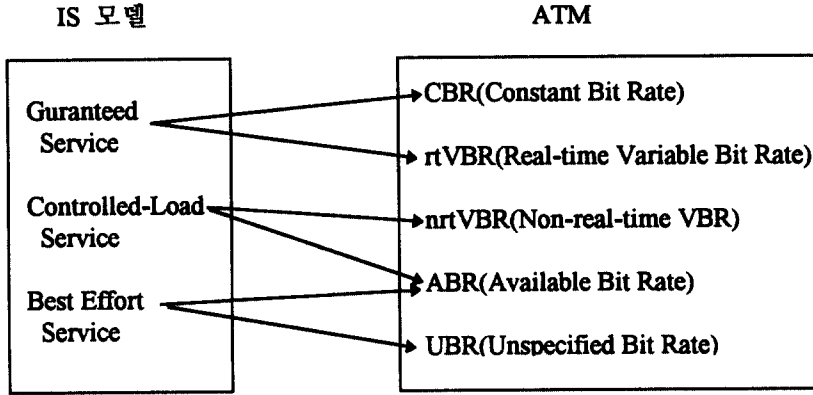


그림8: ATM과 인터넷 서비스 유형의 매핑

Ⅶ. RSVP와 ATM VC 관리

인터넷 통합 서비스 모델과 RSVP로 특징지어지는 IP 서비스를 ATM 망을 통해 제공하고자 할 때의 핵심 과제의 하나는 서로 다른 문화의 언어로 표현된 QoS를 번역하는 것이다. 이 문제의 주요 논점을 6절에서 설명하였다. 일단 ATM의 언어로 인터넷의 QoS가 번역되었다면 다음 단계에서 필요한 일은 ATM VC를 관리하는 것이다. VC 관리는 IP 트래픽 흐름을 위해서 어떤 VC를 얼마나 많이 배정하며 어떤 IP 흐름에 어떤 VC를 배정하는가는 문제이다. 이 문제는 6절의 과제와 함께 ISSLL 워킹 그룹에서 다루고 있다. 현재 ISSLL에서는 이제까지 이 문제에 대해 제안된 방안들을 정리하여 하나의 문서를 내놓고 있다[37].

이 문서의 논의는 두 종류의 VC 관리에 초점을 맞추고 있다. 하나는 IP 데이터 트래픽을 위한 데이터 VC의 관리이며, 그리고 PATH와 RESV메세지와 같은 RSVP 신호 트래픽을 위한 제어(control) VC의 관리이다. VC 관리에는 다음의 두 가지 주요한 문제가 논의되어야 한다. 첫째는 IP 멀티캐스트 그룹 멤버들 간에 이질적인 QoS(heterogeneous QoS)를 충족시키는 문제이다. RSVP에서는 수신자(receiver)마다 자신이 원하는 QoS를 요구할 수가 있기 때문에 수신자마다 다른 QoS를 갖을 수 있는데, 이 이질적 QoS 문제는 ATM VC 관리에서 큰 짐이 된다고 할 수 있다. 두번째로 IP 멀티캐스트 호스트는 시간에 따라 QoS의 요구가 달라질 수 있으며 또

한 멀티캐스트 그룹의 멤버도 변할 수 있다. 따라서 이러한 동적 QoS(dynamic QoS)의 문제를 해결해야 한다. 현재 ISSLL에서 이루어지는 이 문제의 논의는 아직 시작 단계에 불과하므로 구체적인 내용은 좀 더 지켜봐야 할 것이다.

Ⅷ. 결 론

이 글을 끝까지 읽고 나면 한 가지 느낌과 한 가지 의문을 떠 올리게 될지 모른다. "인터넷이 무척 복잡해 지고 있구나"라는 느낌과 "그것이 과연 가능할까"라는 의문이다. 이러한 방향으로 나아가는데 반대하는 그룹의 전통적인 주장은 다음과 같다.

- * 대역폭은 무한하다(Bandwidth is infinite)
- * 한가지 서비스면 충분하다.(Simple priority is sufficient)
- * 응용 서비스는 스스로(?) 적응할 능력이 있다. (Applicaitions can adapt.)

이러한 논의는 최근의 LAN 그룹에서도 엿볼 수 있다. 최근 Gigabit Ethernet의 표준화를 위해 IEEE 802.3z를 구성하였는데 Gigabit Ethernet과 ATM LAN 중에서 Gigabit Ethernet를 미래의 기술로 선택하는 기업이 적지않게 있다[38].

지금 현재 인터넷과 ATM은 패킷 교환 기술로 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 당연히 가야할

길을 가고 있다고 볼 수 있다. 이 추세에 반대한다면 멀티미디어 서비스를 왜 패킷 교환 기술로 제공해야 하느냐는 더 근원적인 문제로 되돌아가야 할 것이다.

현재 고전적 모델에 기반을 둔 IP over ATM과 LAN Emulation은 이미 제품이 상용화되고 있다. 앞으로 ATMARP 서버와 NHRP 서버가 공존하며 점차 NHRP 서버로 바뀌어가게 될 것이다. 현재 RSVP를 라우터에 탑재하는 라우터 벤더가 늘고 있으며 조만간 RSVP-bone을 구성할 수 있을 것이다. 하지만 통합 서비스를 링크 계층에서 지원하기에는 상당한 시간이 걸릴 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. <http://www.ietf.org/html.charters/ion-charter.html>
2. <ftp://ftp.atmforum.com/pub>
3. <http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html>
4. <http://www.ietf.org/html.charters/rsvp-charter.html>
5. <http://www.ietf.org/html.charters/issll-charter.html>
6. Laubach M., "Classical IP and ARP over ATM," RFC 1577, December 1993
7. Lauback M, "Classical IP and ARP over ATM," Internet Draft, <draft-ietf-ion-classic2-02.txt>, 1997
8. Luciani J. et al. "Server Cach Synchronization Protocol (SCSP) -NBMA," Internet Draft, <draft-ietf-ion-scsps-00.txt>, 1997
9. Heinanen J., "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5," RFC 1483, July, 1993
10. Atkinson, R., "Default IP MTU over ATM AAL5," RFC 1626, May 1994
11. Perez, M, et al., "ATM Signaling Support for IP over ATM," RFC 1755, February 1995
12. Maher, M. and A. Mankin, "ATM Signalling Support for IP over ATM - UNI 4.0:Update," Internet Draft, <draft-ietf-ion-sig-uni4.0-01.txt>, November 1996

13. ATM Forum, LAN Emulation over ATM Version 1.0," af-lane-0021.000, January 1995
14. Luciani, J., D. Katz, and D. Piscitello, and B. Cole, "NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP)," Internet Draft, <draft-ietf-rolc-nhrp-11.txt>, 1996
15. ATM Forum, "Baseline Text for MPOA," ATMF-95-0824r10, October 1996
16. Lauback, M., "IP over ATM Working Group's Recommendations for the ATM Forum's Multiprotocol BOF Version 1," RFC 1754, January 1995
17. Ginsburg, D., ATM: Solutions for enterprise internetworking, Addison-Wesley, 1996
18. Armitage, G., "Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks," RFC 2022, November 1996
19. 홍석원, "ATM LAN에서의 Multiprotocol," 한국통신학회지 13권 3호, 1996년 3월(이 호는 초고속 LAN 특집으로 관련 논문이 다수 실려 있음)
20. 홍 석원, "IP over ATM," 정보과학회 정보통신 기술, 9권 1호, pp69-87, 1995
21. Braden, R. et al., "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview," RFC 1633, June 1994
22. Borden, M. et al., "Integration of Real-time Services in an IP-ATM Network Architecture," RFC 1821, August 1995
23. Shenker S. and J. Wroclawski, "Network Element Service Specification Template," Internet Draft, <draft-ietf-intserv-svc-template-03.txt>, November, 1996
24. Shenker S. and J. Wroclawski, "General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements," Internet Draft, <draft-ietf-intserv-charac-02.txt>, October 1996
25. Shenker, S., et al., "Specification of Guaranteed Quality of Service," Internet Draft, <draft-ietf-intserv-guaranteed-svc-07.txt.>, February 1997
26. Wroclawski, J., "Specification of the Controlled-Load Network Element Service," Internet Draft, <draft-ietf-intserv-ctrl-load-svc-

03.txt), August 1996

27. Braden R. et al., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification," Internet-Draft, <draft-ietf-rsvp-spec-14.(txt, ps)>, November 1996
28. Mankin, A. et al., "Resource ReSerVation Protocol(RSVP) Version 1 Applicability Statement' Some Guidelines on Deployment," Internet Draft, <draft-ietf-rsvp-intserv-analysis-00.txt>, March 1997
29. Wroclawski, J., "The Use of RSVP with IETF Integrated Services," Internet Draft, <draft-ietf-intserv-rsvp-use-01.txt>, October 1996
30. Topolcic, C., "Experimental Internet Stream Protocol, Version 2(ST-II)," RFC 1190, 1990
31. Delgrossi, L. and L. Berger, (eds), "Internet Stream Protocol Version 2(ST-II) Protocol Specification- Version ST2+," RFC 1819, 1995
32. ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification, Version 3.0," Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ, 1993
33. ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification, Version 3.1," Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ, 1995
34. ATM Forum, "ATM Traffic Management Specification, Version 4.0," Prentice Hall, Upper Saddle River NJ, 1996
35. ATM Forum, "ATM User-Network Interface(UNI) Signalling Specification, Version 4.0," Prentice Hall, Upper Saddle River NJ, 1996
36. Garret, M. and M. Borden, "Interoperation of Controlled-Load and Guaranteed-Service with ATM," Internet Draft, <draft-ietf-issll-atm-mapping-01.txt>, November 1996
37. Berson, S. and L. Berger, "IP Integrated Services with RSVP over ATM," Internet Draft, <draft-ietf-issll-atm-support-02.(txt, ps)>, November 1996
38. Karve, A., "Ethernet's Next Frontier." LAN, vol 12, no 1, January 1997

홍 석 원

- 1979년 : 서울대학교 물리학과 학사
- 1988년 : North Carolina State Univ. 전산학 석사
- 1992년 : North Carolina State Univ. 전산학 박사
- 현 재 : 명지대학교 전기전자공학부 조교수