

主 題

ATM 망에서의 라우팅 기법

서울대학교 전기공학부 이수영, 박세웅

1. 서론

앞으로의 망은 현재보다 속도가 빨라지고 망의 크기도 매우 커지게 될 것이다. 대체적으로 WAN에서는 ATM 망을 기반으로 공중 서비스가 제공될 것으로 보이고 LAN에서는 기가이더넷과 ATM이 경쟁을 할 것으로 보인다. 새로운 혁신적인 기술보다는 현재 기술의 고속화와 안정화가 이슈가 될 것으로 예상되고 있으며 기가이더넷, 고속 라우터, ATM, SONET이 주된 연구 개발 분야가 될 것이다. 기존의 LAN, WAN 구축기술과는 달리 ATM 망은 멀티미디어 서비스가 요구하는 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 있고 고속 전송이 가능하며 여러 가지 크기의 대역폭을 제공하는 장점을 갖고 있어 학교, 연구소, 기업 등의 망 구축 시 중요한 역할을 담당하게 될 것으로 보인다. ATM 망은 기본적으로 연결형 서비스를 지원하는 망이다. 사용자가 연결 요청을 하면 ATM망은 소스 노드로부터 목적지 노드까지의 경로를 설

정해야 한다. ATM 망에서는 기존의 라우팅과는 달리 QoS를 보장해 줄 수 있는 경로를 찾아야 한다. 이때 NNI(Network Node/Network Interface) 프로토콜이 라우팅 기능을 담당하게 된다. 현재 각 업체들이 제공하는 ATM 스위치들은 사용하는 프로토콜이 달라 연동에 어려움이 있었다. 이에 대해 ATM 포럼에서는 NSAP(Network Service Access Point) ATM 주소를 사용하는 사설망에 대한 PNNI(Private NNI) 1.0을 1996년에 확정했다. PNNI WG(워킹 그룹)을 RA(Routing and Addressing) WG으로 옮겨 계속 연구 중이며 1999년 4월까지 PNNI 2.0을 완성할 예정이다. 공중망의 경우에는 E.164 번호를 주소로 사용하는 ITU 계열의 라우팅 프로토콜을 사용하고 있다.

ATM과 경쟁적인 위치에 놓여있는 인터넷은 사용자가 폭발적으로 증가하고 있다. 인터넷은 사용자가 요구하는 QoS 보장을 할 수 없다는 단점에도 불구하고 단대단으로 이미 많은 가입자에게 서비스를 제공할 수 있는 기반을 갖추었기 때문에 지속적인 발전이 예상된다. 전송망을 갖고 있지 않은

인터넷은 근간망을 ATM 에 의존하게 되는 것이 현실적인 추세이며 이에 따라 IP와 ATM 의 연동이 주요 과제 중의 하나가 되었다. NHRP(Next Hop Resolution Protocol), PAR(P-NNI Augmented Routing) 같은 계층적 라우팅에 대한 연구가 있어 왔으며 현재는 I-PNNI(Integrated PNNI)와 같이 데이터 링크 계층과 네트워크 계층의 구분을 없애는 통합 라우팅 기법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 원고에서는 ATM 포럼이 주도하고 있는 ATM 라우팅 기법인 PNNI와 효과적으로 IP 패킷을 전달하기 위한 IPOA(IP over ATM)를 중심으로 살펴보고자 한다.

2. PNNI

ATM 망에는 많은 사용자로부터 연결 설정 요청이 들어오게 된다. 이에 대해 망은 목적지까지 이러한 요청을 전달하고 경로를 설정해야 한다. 경로 설정시 사용자 QoS를 만족시키는지, 기존에 진행중인 사용자들의 QoS가 새로운 호를 받아들이면 깨어지지는 않는지에 대해 확인해야 한다. 대규모 망이 되어 갈 수록 망 자원을 효율적으로 사용하면서 QoS를 보장하는 것이 어려운 일이 되고 있다. 따라서 ATM 포럼에서는 대규모 망을 지원할 수 있고 구성작업이 단순하며 연결 설정 요청에 대해 효과적으로 경로를 선택하는 라우팅 프로토콜의 표준화 작업을 수행하였다. 그 결과가 PNNI 버전 1.0이다.

이 절에서는 PNNI에서의 QoS 보장 측면을 다루고, 어떻게 PNNI 프로토콜이 확장성과 도달가능성(reachability) 정보를 교환하는 지 알아본다. 그리고 PNNI 프로토콜을 사용하지 않는 공중망과의 연결은 어떻게 하는지에 대하여 살펴본다.

2.1 PNNI에서의 QoS 보장

ATM의 가장 큰 장점으로 다양한 트래픽에 대한 QoS 보장을 들 수가 있다. ATM 트래픽은 특성에 따라 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable BR), ABR(Available BR), UBR(Unspecified BR) 등의 형태를 가지며 이러한 트래픽들은 각기 다른 셀 손실률, 지연시간, 지연 변이 등의 QoS를 연결 설정시 요구한다. 망은 연결 요청에 대해 QoS를 보장할 수 있는 자원이 있으면 호를 받아들이고 없으면 블로킹을 하는데 이를 연결 수락 제어라고 한다.

스위치는 연결 요청을 받으면 라우팅 프로토콜을 통하여 목적지까지의 경로 배정을 하며, 경로 배정시 연결설정 가능성이 가장 높은 경로를 우선 찾는다. 이를 위해서 PNNI에서는 도달가능성 정보와 망 내에서의 사용 가능한 자원에 대한 정보를 가지고 토폴로지 상태를 이용하는 라우팅을 한다. 이는 링크 상태를 사용하는 라우팅과 비슷하지만 링크 뿐만이 아니라 특정한 노드 상태까지도 이용한다는 의미이다. 다양한 QoS 보장을 위해 여러 가지 링크 메트릭(metric)과 속성(attribute)을 이용한다. 현재 정의된 메트릭으로는 MCTD(Maximum Cell Transfer Delay), MCDV(Maximum Cell Delay Variation), MCLR(Maximum Cell Loss Ratio), Administrative Weight 등이 있고, 속성에는 ACR(Available Cell Rate), CRM(Cell Rate Margin), 점대 다중점 플래그 등이 있다. 링크 메트릭과 속성, 도달가능성 정보를 담고 있는 PTSP(PNNI Topology State Packet) 패킷을 보냄으로써 망내의 모든 노드들이 망 전체의 상황을 알 수 있도록 한다. PNNI에서는 이러한 링크 상태 뿐만이 아니라 특별한 노드에 관한 정보도 알 수가 있다. 이러한 정보는 다음에 살펴볼 피어(Peer) 그룹과 같은 통합된 망에서 유용하게 사용될 수 있다.

라우팅 프로토콜은 홉방식(hop-by-hop) 라우팅과 소스 라우팅으로 나눌 수가 있다. 홉방식 라우팅은 인터넷에서 사용되는 방식이며 패킷을 받은 노드는 인접 노드 중 하나의 노드에게 자신의 판단에 따라 최선을 다해 패킷을 넘겨주기만 하면 된다. 소스 라우팅은 연결 요구를 받은 첫번째 노드

가 목적지 노드까지의 전체 경로를 결정하는 방법이다. PNNI에서는 소스 라우팅을 선호한다. 왜냐하면 홉방식 라우팅인 경우 QoS 보장에 관한 연결수락 제어 함수를 모든 중간 노드들에서 수행하여야 하므로 프로토콜 구현이 어렵기 때문이다. 반면 소스 라우팅을 하는 경우에는 PTSP로 알게 된 전체 망의 상태와 사용자가 요구한 QoS를 바탕으로 첫번째 노드가 연결수락 제어 함수를 통해 전체 경로를 결정하므로 라우팅에 따른 루프 형성도 막을 수 있다.

PNNI에서는 연결수락 제어로서 GCAC(Generic CAC)와 ACAC(Actual CAC)를 사용한다. GCAC는 소스 라우팅을 하는 스위치에서 합산된 매트릭을 사용하여 결정된 전체 경로에 대해 실행하는 것이고, ACAC는 GCAC에서 수락된 호를 각각의 스위치가 각 링크에서 지원할 수 있는 지를 알아보는 것이다. 일단 GCAC를 통해 택하여진 모든 경로 중에 필요한 ACR을 제공하지 못하는 링크를 제외한다. 그런 다음 도달가능성 정보를 통해 가장 짧은 경로를 찾는다. 짧은 경로는 예를들어 Dijkstra 방법으로 찾을 수 있다. 그런 다음 지연과 부하수준(load balancing)을 고려하여 경로를 결정한다. 경로가 결정되면 첫번째 노드는 목적지 노드까지의 완전한 라우팅 경로를 담고 있는 DTL(Designated Transit List) 목록을 작성해 시그널링 메시지에 담아 전달한다.

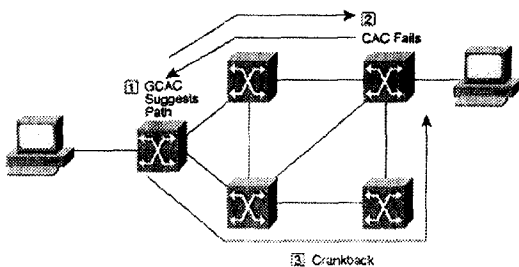


그림 1. 크랭크백

중간에 위치한 각각의 노드들은 시그널링 요청이 들어오면 ACAC를 수행하여 최초의 노드에서

GCAC를 실행했을 때의 PTSP 기반 정보가 유효한지를 알아보게 된다. 만약에 중간 노드에서 ACAC가 실패할 경우 DTL에 기록되어져 있는 바로 앞의 노드로 다시 돌아가서 첫번째 노드가 사용한 방법으로 현재 상태의 PTSP 기반 정보를 가지고 다시 라우팅을 한다. 이러한 과정을 크랭크백(crankback)이라고 하고 그림 1은 그러한 예를 보여준다.

2.2 확장성과 도달가능성

QoS 보장과 함께 PNNI 라우팅 프로토콜에 요구되는 것은 망의 확장에 대한 동작 가능성이다. PNNI 프로토콜은 계층적인 망 구조를 사용함으로써 이러한 확장성을 만족시킨다. 20 바이트의 NSAP 주소를 사용하며 계층적인 주소 구조를 갖는 13 바이트의 prefix가 포함되어 있어 대단위 망에서 사용 가능하다. 그림 2는 이러한 계층적인 구조를 가지는 PNNI 망의 예를 보여준다.

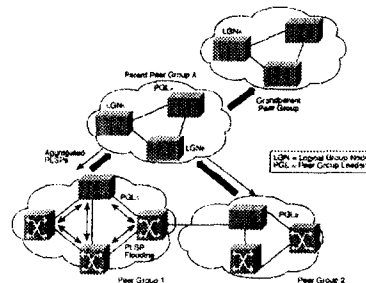


그림 2. PNNI의 계층적 망 구조

각 수준(level)에서의 망은 논리적인 링크로 연결된 논리적인 노드로 구성된다. 최하위 수준에서는 실제 스위치가 논리적인 노드를 구성하며 NSAP ATM 주소를 가진다. 이 스위치들은 외부와 연결을 하기 위해 PNNI 프로토콜을 수행한다. 각 계층에서 노드들은 피어 그룹으로 나뉘지고 같은 피어 그룹 내의 노드들은 같은 형상(topology) 데이터베이스를 가지며 서로 완전한 링크 상태 정보를 교환

한다. 피어 그룹은 PTSP 트래픽이 과다해지는 것을 막기 위해 너무 크지 않는 것이 바람직하다. 피어 그룹 ID는 ATM 주소의 prefix를 이용하고 보통 하위 피어 그룹 ID의 prefix를 사용함으로써 계층적인 구조를 쉽게 만들 수가 있다. 모(parent) 피어 그룹 안에서 피어 그룹은 LGN(Logical Group Node)이라는 하나의 논리적인 노드로 나타난다. 즉 자식(child) 피어 그룹들은 모 피어 그룹 내에서 하나의 노드로 간주되고 상호간의 PTSP를 교환한다. 각각의 피어 그룹은 “리더십 우선순위”와 ATM 노드의 ID를 이용해서 PGL(Peer Group Leader)을 뽑는다. PGL은 LGN으로 행동하며 그 레벨에서 유일한 ATM 주소를 가지게 된다. PGL은 피어 그룹의 요약된 PTSP 정보를 모 피어 그룹에게 전달하고 반대로 모 피어 그룹은 도달가능성 정보와 속성들을 자식 피어 그룹에게 전달한다. 이와 같은 방식으로 각 노드는 전체 망 구조를 알게 되며 소스 라우팅을 수행 할 수 있게 된다.

PNNI Hello 프로토콜을 통해 Hello 패킷을 주고 받은 두 노드는 서로의 피어 그룹 ID를 확인해서 서로 같은 피어 그룹 내에 속하여 있는지를 확인한다. 만약 같은 피어 그룹에 있을 경우에는 즉시 PTSP를 교환한 다음 서로의 데이터베이스를 동기화하고 PTSP를 피어 그룹 내에서 전파시킨다. 이렇게하여 PTSP 정보의 빠른 수렴을 가져 올 수 있다. 만약 다른 피어 그룹에 속해 있을 경우에 두 그룹의 경계(border) 노드는 서로의 피어 그룹에 관한 정보를 교환한다. 이때 자신의 피어 그룹의 PGL이 누구인지를 통보함으로써 모 피어 그룹 내의 PGL들이 서로 연결할 수 있게 한다.

이와 같이 알게 된 전체 망 구조와 상태를 가지고 각 노드는 계층적으로 구성된 소스 라우팅 경로를 찾을 수 있게 된다. 이것이 바로 DTL이다. DTL은 스택 방식으로 구현된다. 현재 속해있는 피어 그룹의 경로 정보는 완전하게 갖고 있지만 다음 피어 그룹에 대한 구체적인 경로 정보는 갖고 있지 못하다. 현재 피어 그룹의 경계 노드에 가게 되면 그 경계 노드가 DTL의 마지막 노드 ID가 되고 다

음 피어 그룹의 경계 노드로 보내어 진다. 새로운 피어 그룹의 경계노드는 해당 피어 그룹 내에서 사용될 새로운 DTL을 만든다.

2.3 공중망 연결

많은 공중망들이 SVC(Switched Virtual Connection)를 지원하지 않고 PVC(Permanent Virtual Connection) 방식으로 연결을 지원하며 다른 사용자들에게 망의 내부구조를 보여주기를 원하지 않는다. 또한 PNNI 대신 사업자 고유의 NNI 프로토콜을 사용하기 때문에 사설망과 공중망의 연결에는 문제가 생긴다.

첫 번째 문제는 어떻게 사설망이 공중망에 대한 도달가능성 정보를 얻을 수 있는냐는 것이다. 공중망의 경우 사설망에 대해 최소한의 도달가능성 정보도 제공하기를 꺼려하기 때문에 기존의 PNNI 같은 프로토콜을 사용하기는 힘들다. 간단한 해결 방법은 사설망이 공중망을 서브넷으로 취급하고 터널링 기법을 사용하여 공중망을 통과하는 것이다. 그림 3의 예를 살펴 보자.

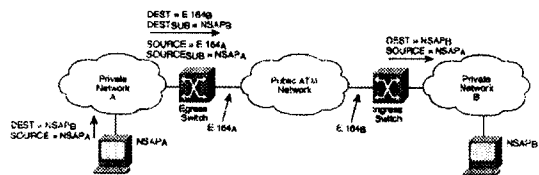


그림 3. 사설망-공중망 연결

이 경우에는 공중망 UNI 시그널링에 나와 있는 부주소 항목(subaddress field)을 이용한다. 사설망 A의 출력단(egress)에 위치한 스위치는 공중망으로 시그널링 메시지를 보내기 전에 목적 노드의 NSAP 주소를 부주소 항목으로 옮긴 뒤 그 자리에 목적 노드의 E.164 주소를 대체하는 것이다. 이에

상응해서 연결 요청을 하는 노드에 대해서도 같은 작업이 이루어진다. 이렇게 되면 공중망 내부에서는 고유의 NNI 프로토콜과 목적 노드의 E.164 주소를 이용할 수 있게 된다. 공중망으로부터 ATM 셀을 받은 사설망 B의 입력단(ingress) 스위치는 앞에서 옮겨 놓은 부주소 항목의 NSAP 주소를 다시 주소 항목으로 옮겨서 사용하게 된다.

두 번째 문제는 어떻게 사설망이 NSAP 주소에 대응하는 E.164 주소를 알 수 있는가 하는 문제이다. 불행하게도 아직은 수동 설정에 의존할 수 밖에 없고, 앞으로 사설망이 공중망의 주소를 질의할 수 있는 주소 서버를 두는 것은 고려해 볼 수 있을 것이다.

3. IPOA 라우팅

현재 인터넷은 링크 계층으로 LAN 또는 전용선을 주로 사용하고 있지만 최근 ATM이 인터넷의 새로운 링크 계층 대안으로 떠오르고 있다. 인터넷의 입장에서는 고속 전송과 QoS 보장이 가능한 ATM 기술을 사용하는 것이고 ATM의 입장에서는 순수한 ATM 응용서비스가 전무한 현재 가장 보편화 된 인터넷 서비스를 제공함으로써 ATM의 보급을 확장할 수 있게 된 것이다. 즉 두 방식은 상호 경쟁적인 관계에서 출발하였지만 상호 의존하는 형태로 나아가게 된 것이다. 이러한 배경에서 IETF(Internet Engineering Task Forces)와 ATM 포럼이라는 표준화 기구가 각각 자기의 입장에 맞는 표준들을 내놓고 있다.

IP 패킷을 ATM 망을 통해 전달하고자 하는 방식이 IPOA이다. IPOA에서의 바람직한 라우팅 형태는 가능한한 IP 라우터를 되도록 거치지 않고 ATM 스위치를 통해 트래픽을 전송하는 것이다. IPOA 라우팅을 수행하는 방법은 데이터 링크 계층과 망 계층에서 각각 다른 라우팅 프로토콜을 사용하는 계층적 모델과 두 계층에서 하나의 프로토

콜을 사용하는 통합적 모델이 있다. 종단간 연결 방식을 전체적으로 나타내 보면 그림 4와 같다.

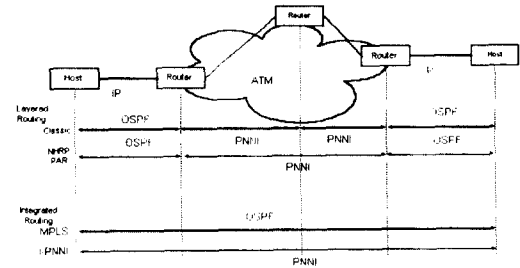


그림 4. IPOA 라우팅

3.1 계층적 라우팅

IETF에서 제시하는 Classical IPOA는 라우팅을 위해 LIS(Logical IP Subnet) 개념을 사용한다. LIS 내부에서는 ATMARP(ATM Address Resolution Protocol)가 사용되며 IP 라우터는 OSPF(Open Shortest Path First) 프로토콜을 이용해서 ATM 스위치를 고려한 라우팅을 하게 된다. LIS를 벗어날 때는 반드시 망 계층으로 다시 올라와야 되기 때문에 최적의 라우팅 경로를 갖지는 못한다. 왜냐하면, 각각의 LIS는 별도의 PNNI를 사용하기 때문이다.

IETF의 NHRP는 Classical IPOA의 ATMARP 서버 대신에 NHS(Next Hop Server)를 사용해서 다른 LIS에 속해 있는 IP 호스트의 주소 변환을 수행하게 한다. 일반적으로 라우터가 NHS 기능을 담당한다. NHRP는 라우팅 프로토콜이 아니라 LIS 사이의 주소 변환을 하는 프로토콜이며 라우팅을 위해서는 OSPF와 같은 기존의 IP 라우팅 프로토콜이 이용된다.

ATM 포럼에서 제시하는 PAR(PNNI Augmented Routing)에서는 라우터는 IP 라우팅 프로토콜을 사용하고 ATM 스위치는 PNNI 프로토콜을 사용하도록 한다. 이 방식은 ATM 망에 접속된 라우터의 위치를 기존의 PNNI에 약간의 정보

만 더해서 모든 라우터가 알 수 있게 함으로 최적 라우팅을 가능하게 한다. 기존의 PNNI 정보에 더해지는 것은 ATM 스위치가 지원하는 프로토콜 (예를 들면, IP), 라우터 ID, 라우팅 프로토콜(예를 들면, OSPF) 등이 있다.

3.2 통합 라우팅

위에서 살펴본 IPOA 라우팅 기법은 데이터 링크 계층(ATM)과 망 계층(IP)에서 각각 다른 라우팅 프로토콜을 이용하는 계층적인 방법들이라고 말할 수 있다. 이와 달리 데이터 링크 계층과 망 계층에서 하나의 라우팅 프로토콜을 이용하는 방법이 통합 라우팅 방식이다. IETF에서는 MPLS(MultiProtocol Label Switching) 방식으로 이를 통합하고 있으며 여기에서는 OSPF를 사용한다. 반면에 ATM 포럼에서는 I-PNNI 라우팅 방식으로 통합 라우팅에 대한 표준화를 진행하고 있다.

MPLS 라우팅은 데이터 링크 계층의 스위치와 망 계층의 프로토콜을 결합한 LSR(Label Switch Router)를 사용한다. 따라서 IP와 ATM을 연결해주는 프로토콜이 필요하다. Ipsilon, Cisco, Toshiba, IBM 등에서 이미 상용제품을 내놓은 상태이고 이들을 중심으로 표준화가 계속 진행중이다.

I-PNNI 프로토콜은 ATM 스위치와 IP 라우터 양쪽에서 수행될 수 있는 PNNI 프로토콜이라고 할 수 있으며, 도달가능성 정보의 교환과 기본적인 구조는 PNNI와 비슷한 형태를 가지고 있다. 1997년 4월 기본적인 버전 1.0이 나왔으나, 자세한 프로토콜의 내용은 다음 버전으로 미루고 있다. 그 후로 PNNI WG에서 RA WG으로 옮겨 연구가 진행중이나 표준화 진행속도가 원활하지 못한 실정이다.

I-PNNI 프로토콜을 실행하는 라우터는 보통의 PNNI 노드처럼 행동하며 ATM 스위치와 마찬가지로 PGL을 뽑고 PTSP 패킷을 교환한다. 또한 PNNI와 마찬가지로 계층적인 망 구조를 가진다. I-PNNI에서는 ATM 망에 접속하는 IP 라우터가 ATM 주소를 필요로 한다. ATM 사설망 주소는

부족함이 없으므로 IP 주소와 매핑 시킬 수가 있다.

PNNI의 모든 노드는 도달가능성 정보를 보낼 수가 있어야 한다. I-PNNI에서는 IP 주소와 ATM 주소에 관한 도달가능성 정보를 독립적으로 취급한다. 이것은 ATM 스위치가 IP 도달 가능성 정보를 무시할 수 있게 해줘 IP 라우터를 경유하는 ATM 라우팅을 피하게 해주고, 서로 다른 두 주소 공간의 혼란도 막아준다.

ATM 망을 통해 IP 패킷을 전달하기 위해서는 라우터 사이에서 SVC를 유지시켜줘야 한다. SVC를 유지시켜주는 방식으로는 필요할 때만 설정하는 방식과 경로마다 우선 순위를 뒤서 요청이 있기도 전에 설정하는 방법이 있다. 전자는 QoS 요구가 있는 트래픽에 유리하고 후자는 최선의 전달서비스를 수행하는 IP 트래픽에 적합하다. 경로를 계산하는 방법은 망내의 트래픽에 따라 다양하게 할 수가 있다.

I-PNNI에서의 경로배정 방법은 IP 패킷의 전달을 위해 홉방식 라우팅이 가능해야 한다. 그리고 VC의 낭비를 최소화하기 위해 이미 설정되어 있는 VC가 새로운 VC에 비해 우선순위를 가져야 한다. I-PNNI에서는 경로 계산을 ATM SVC와 IP 패킷 포워딩 각각에 대해 분리해서 수행한다. ATM SVC의 경우는 IP 라우터의 정보를 고려하지 않는 일반적인 PNNI의 경우와 같고 IP 패킷 포워딩에서는 ATM 스위치의 토폴로지 정보를 IP 라우터에 관한 정보와 함께 고려해서 경로 계산을 한다. 이때 이미 존재하는 SVC, 새로운 SVC 등 서로 다른 연결 상태에 따라 적절하게 메트릭 비용을 정해줘야 한다. 이렇게 해서 목적지에 가장 근접한 라우터를 찾아가게 된다. 만약 현재의 라우터가 ATM 망에 접속되어 있는 라우터이고 근접한 라우터 역시 ATM 연결을 가지고 있다면, 다른 근접한 라우터가 더 낮은 비용으로 경로를 제공할 경우에도 IP 패킷을 직접 ATM 연결을 통해 보낼 수 있다.

I-PNNI는 IP를 위한 최초의 QoS 기반 라우팅 프로토콜이다. 아직 그 복잡성으로 인해 구체화 되

지는 않았지만 잠재적인 장점이 많아 이론적 연구가 필요한 부분이다. 이러한 QoS 보장을 위해서 IP 패킷의 분류 (classification)가 필요하다. 피어 그룹은 순수 ATM 피어 그룹, 혼합 피어 그룹, 라우터 중심 피어 그룹으로 나눌 수 있으며 여러 피어 그룹들 간에 필요한 PGL들의 조건과 SVC 연결 등 많은 연구가 필요하다.

현재의 OSPF 프로토콜을 사용하는 대형 라우터 네트워크는 다양한 프로토콜을 수용하는 데 매우 어려운 입장이지만 PNNI를 사용하는 ATM 서브넷이 늘어가면서 PNNI와 유사한 구조를 사용하는 I-PNNI로의 전이는 그렇게 어려운 일이 아닐 것으로 예상되고 있다.

4. 결론

본 원고에서는 ATM 망에서의 여러 라우팅 기법들에 대해서 살펴보았다. 사실 ATM 망들 간에 ATM 연결을 설정하는데 필요한 PNNI 프로토콜, 사실 ATM망과 공중 ATM망간의 연결, ATM 망에서 인터넷 프로토콜을 지원하기 위한 IPOA 등에 대해서 살펴보았다. ATM 망에서의 라우팅 프로토콜은 대규모 망에 대한 확장이 용이해야하고 QoS를 보장하는 동시에 적절한 경로를 쉽게 찾을 수 있어야 한다. 이를 위해 PNNI 2.0에 관한 표준화 작업이 진행중에 있으며 인터넷의 확장에 따라 늘어가는 IP와 ATM간의 연동에 관한 라우팅을 효과적으로 하기 위해 통합 라우팅 기법에 관한 표준화도 현재 진행되고 있다.

참고문헌

- [1] D. Dykeman and M. Goguen, "PNNI Draft Specification V1.0", af-pnni-0055.000, March 1996.
- [2] Raj Jain, "PNNI : Routing in ATM Networks", <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain>
- [3] R. Callon, et al, "An Overview of PNNI Augmented Routing", ATM Forum 06-0354, April 1996.
- [4] R. Callon, et al, "Issues and Approaches for Integrated PNNI", ATM Forum 96-0355, April 1996.
- [5] J. Jeffords, "I-PNNI v1.0 Specification", ATM Forum, April 1997.
- [6] R. Callon, et al, "The Relationship between MPOA and Integrated PNNI", ATM Forum 96-0352, April 1996.
- [7] D. Katz, et al, "NBMA NHRP", Internet Draft, December 1995.
- [8] M. Laubach, "Classical IP and ARP over ATM", RFC 1577, January 1995.
- [9] R. Callon, et al, "A Framework for Multiprotocol Label Switching", IETF draft-ietf-mpls-framework-02.txt, May 1997.
- [10] R. Callon, et al, "A Proposed Architecture for MPLS", IETF draft-ietf-mpls-framework-01.txt, August 1997.
- [11] Philip Dumortier, "Toward a New IP over ATM Routing Paradigm", IEEE Communications Magazine, January 1998.
- [12] A. Alles, "Routing and Internetworking in ATM Networks", Network+InterOP, March 1995.
- [13] <http://www.baynetworks.cz/Products/Reports/atmreport.html>.
- [14] 홍석원, "ATM과 연동을 위한 인터넷의 표준화 : IETF와 ATM 포럼 한국통신학회지 제 14권, 제 4호 1996.



이 수 영

1997 한국과학기술원 전기및전자공학과 (학사)
1997 ~ 현재 서울대학교 전기공학부 석사과정

朴世鎭

1984 서울대학교 전기공학과 (학사)
1986 서울대학교 전기공학과 (석사)
1991 University of Pennsylvania (박사)
1991 ~ 1994 AT&T 벨 연구소 연구원
1994 3. ~ 현재 서울대학교 전기공학부 조교수