

광역 ATM 망 적용을 위한 QoS 보장형 라우팅 알고리즘 설계

정회원 손승원*, 장종수*, 정연서**, 오창석**

Design of QoS-based Routing Algorithm for Internet Services on Large Scale ATM Networks

Sungwon Sohn*, Jongsoo Jang*, Yeonsoo Jung**, Changsuk Oh** *Regular Members*

요약

인터넷 서비스의 다양화와 백본망의 고속화에 따라 인터넷 서비스 구조에서 새로운 형태의 파라다임 설정이 요구된다. 본 논문에서는 초고속통신망의 하부구조로 기대되는 광역 ATM 망을 기반으로 다양한 인터넷 서비스가 충분한 QoS를 보장 받으면서 제공될 수 있도록 경로 설정을 지원하는 새로운 라우팅 알고리즘인 WQPOA(Wide area Quality-proven Path over ATM) 알고리즘을 제안한다. 이는 사용자의 QoS 요구 수준에 따른 경로 제공이 가능하고 주소 해석시간을 줄일 수 있으며, 광역망 적용을 위한 네트워크 확장 능력을 보강한 품질순응형 특성을 가진다. 또한, 경로 생성과정에서 미리 QoS 보장 능력에 대한 협상이 가능하도록 QPNP(Quality-proven Path Negotiation Protocol) 프로토콜을 제안하고, 모의실험을 통해 제안된 알고리즘을 분석한다.

ABSTRACT

The Internet is recently evolving into the directions which is capable of incorporating stream-type services such as voice and video services due to the remarkable growth of WWW service and Intranet, and the development of new multimedia application services. However, the existing Internet can only support a best-effort delivery model and thus it is difficult to satisfy these requirements as well as to provide the QoS beyond a certain degree. Accordingly, it is imperative to develop QoS-based routing algorithm in order to allow flexible routing by the Internet users' QoS demand and to be applied into wide area networks. In this thesis, we presented new routing algorithms and made performance evaluations. The proposed algorithms allow the routing by the user's QoS demand level in order to provide the diverse Internet application services based on ATM network environment that is expected to play a role as an infrastructure of high-speed communication network. They also have a feature of shortening the waiting time for address analysis and have a quality-proven characteristics with enhanced network scalability.

1. 서론

최근 인터넷은 음성 및 영상과 같은 스트림형 서비스를 수용하는 방향으로 발전하고 있으나, 인터넷

특성상 최선형 전달 모델만을 지원하기 때문에 일정 수준 이상으로 서비스 품질(Quality of Service: QoS)을 제공하는 것이 어렵다. 따라서, 스트림형 서비스에서 요구하는 QoS를 보장하려면 고속 통신망의 구축을 통한 인터넷의 대역폭 확대와 더불어 서비스 데이터의 순서성 보장, QoS 별 경로의 선택

* 한국전자통신연구원 인터넷구조팀

** 충북대학교 컴퓨터공학과

논문번호 : 99244-0616, 접수일자 : 1999년 6월 16일

동을 가능하게 하는 새로운 라우팅 알고리즘의 도입이 필요하다^{1,2}.

인터넷의 대역폭 확대를 위해 IPOA(IP over ATM), IPOS(IP over SDH), IPOW(IP over WDM) 등의 IP 오버레이 구조들이 제안되고 있다. ATM Forum의 경우 LAN 에멀레이션 기반의 MPOA와 P-NNI 등을, IETF의 경우 IPOA 기반의 NHRP(Next Hop Routing Protocol), MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 등을 제안하고 있다. 이러한 고속 통신망 인프라의 채택에도 불구하고 IP 오버레이 구조들은 QoS 보장형 경로 설정에서 다중 경로결정 함수의 사용과 방대한 라우터 수로 인하여 실시간 계산이 불가능한 NP-complete한 문제가 발생한다^{3,4}.

QoS 표현이 가능한 경로결정 함수의 사용과 라우터 홉 수 절감을 위해 대부분의 IP 오버레이 구조에서는 데이터 전달 경로 상에서 최소한의 라우터만 경유하여 직접적인 ATM 연결을 가능하게 하는 Shortcut 라우팅 방식을 채용하고 있다. 이는 기존 네트워크의 주변여건과 상관없이 네트워크 계층 패킷을 링크계층에서 직접적으로 포워딩하도록 하는 알고리즘이다. 이러한 Shortcut 라우팅 알고리즘은 다양한 종류가 제안되고 있으며, 주소해석 방법에 따라 크게 서버형과 비서버형 알고리즘으로 분류된다.

J. Luciani 가 제안한 NHRP와 J. Ogawa의 RISP 등과 같은 서버형 알고리즘은 주소해석서버를 이용하여 목적지 주소 정보를 입수하고, 이를 이용하여 두 지점간을 직접 연결하는 ATM 경로를 설정하는 방식을 채택하고 있다. 그러나, 이 알고리즘에서는 발신측 호스트에게 Shortcut 결정 권한이 없어 QoS 요구하는 모든 IP 패킷 흐름에 대하여 Shortcut 경로를 생성하기 때문에 네트워크 자원의 낭비가 심하고 지나친 경로 증가로 인해 라우팅 테이블의 크기 문제를 야기시켜 광역 망 적용성에 문제가 있다^{5, 6}. 반면에 MPLS와 같은 비서버형 알고리즘은 주소해석서버 대신에 별도의 라벨 분배 프로토콜을 이용하여 종단 라우터 간에 Shortcut 경로를 설정하는 방식이다. 그러나, 종단 라우터간의 직접 경로 설정에도 불구하고 통신망 확장과 QoS 별 차등 경로 설정에서 여전히 문제를 안고 있다⁷.

본 논문에서는 광역 ATM 망에서 다양한 인터넷 응용 서비스가 충분한 QoS를 보장 받으면서 제공될 수 있도록, 사용자의 QoS 요구수준에 따라 별도의 경로 제공이 가능하고 광역 망 적용을 위해 네

트워크 확장 능력을 보강한 품질순응형의 WQPOA 라우팅 알고리즘을 제안한다. WQPOA 알고리즘은 인터넷과 ATM 망의 QoS 능력을 반영한 서비스 유형에 따라, 높은 QoS를 요구하는 실시간 정보 흐름에 대해서는 종단간을 직접 연결하는 QoS 보장형 Shortcut 경로를, 낮은 QoS를 요구하는 정보 흐름에 대해서는 홉이홉 경로를, 버스트 트래픽의 경우에는 공통채널 Shortcut 경로를 통해 적절히 경로를 공유할 수 있게 하는 특징을 가진다. 또한, 경로 설정 과정에서 망 자원간의 QoS 협상이 가능하도록 QPNP 프로토콜을 제안한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 제2장에서는 지금까지 제안된 주요 라우팅 알고리즘에 대해 QoS 제공 능력 측면에서의 상호 분석하고, 제3장에서는 이러한 문제점 해결을 위한 WQPOA 라우팅 알고리즘과 QPNP 프로토콜을 제안한다. 제4장에서는 모의 실험을 통하여 제안된 알고리즘을 고찰하고 분석한다.

II. 기존 ATM망 기반 라우팅 알고리즘 분석

현재 인터넷에서 사용하는 IP 라우팅 프로토콜은 호스트간의 연결성에 초점을 맞춘 최선형 서비스만을 지원하고 있어서 종단간의 신호절차 없이 데이터를 전달하는 방식을 채택하고 있다. 따라서, 이중의 목적지를 향하는 다수의 패킷 흐름이 동일한 경로를 공유할 수 있어서 링크 용량이 부족할 경우, 모든 흐름에 영향을 끼쳐 셀손실율이 증가할 수 있다. 동일한 흐름에 속한 패킷의 경우에도 망의 상태에 따라 서로 다른 경로로 전달될 수 있다. 이러한 비연결형 전달 특성은 실시간 QoS와 넓은 대역폭을 요구하는 멀티미디어 서비스를 지원하는데 맞지 않는다. 따라서, 기존의 계층별 라우팅 알고리즘으로는 사용자가 요구하는 QoS 기준에 적합한 경로 설정이 불가능하므로, 이를 개선할 목적에서 제안된 것이 바로 QoS 기반 라우팅 알고리즘이다.

그러나, QoS 기반 라우팅 알고리즘의 경우에도 서로 다른 통신망의 상태와 QoS를 표현하는 경로 결정함수의 차이로 인해 최적 경로를 찾는 것이 어렵다는 연구결과가 나오고 있다^{8,9}. 따라서 차세대 인터넷에서 요구되는 스트림형 멀티미디어 서비스를 수용하기 위해서는 ATM 망을 하부구조로 하여 인터넷 서비스의 다양한 QoS 요구할 수 있는 새로운 라우팅 알고리즘의 도입을 필요로 하고 있다. 이러한 필요에 의해 제안된 것이 Shortcut 알고리즘이다.

Shortcut 알고리즘은 IP 패킷을 하부구조에 상관없이 링크 계층에서 직접 포워딩할 수 있도록 포워딩 바이패스 경로를 설정하기 위한 최적화 방법이다. 따라서, ATM 망 또는 프레임 릴레이 망 등의 비방 송형 다중 액세스(NBMA: Non-Broadcast Multiple Access)망에 적용하여 두 NBMA 노드간의 직접적인 연결을 제공할 수 있다. Shortcut 경로는 IP 데이터그램을 중간 라우터에 의한 처리 없이 원격 라우터에 직접 전달하기 때문에 단위 시간당 정보 처리용량을 증가시킬 수 있고, ATM 망을 통한 경로의 최적화를 이룰 수 있다¹⁰⁻¹².

현재 ATM/IP 통합 망에 적용할 목적으로 제안된 Shortcut 라우팅 알고리즘들은 주로 IP Cut Through 경로와 ATM Shortcut 경로를 사용하고 있다. IP Cut Through 경로는 라우터의 계층 3 프로세서를 거치지 않고 계층 2 차원에서 고속으로 패킷을 처리하는 노드 차원의 Shortcut 알고리즘을 통하여 설정된다. 반면 ATM Shortcut 경로는 패킷 전달 경로에서 라우터를 최대한 배제하여 입출력 호스트간 혹은 입출력 라우터간을 직접 연결하도록 지원하는 네트워크 차원의 Shortcut 알고리즘을 통하여 설정된다. 본 논문에서는 Shortcut 라우팅 알고리즘을 통합 망 구조 측면 및 라우팅 알고리즘에 지대한 영향을 끼치는 주소 해석방법에 따라 서버형 알고리즘과 비서버형 알고리즘으로 분류하고 그 특성을 분석한다.

1. 서버형 라우팅 알고리즘

서버형 알고리즘은 중간 라우터의 간섭을 배제하고 종단간을 직접 연결하는 ATM Shortcut 방식을 채택하고 있다. 따라서, 종단 호스트간에 라우터를 거치지 않는 직접 경로를 설정할 수 있어서, 라우터의 병목현상을 줄일 수 있다. 또한, 기존의 IP 라우팅 프로토콜들을 그대로 사용할 수 있고, 필요에 따라 네트워크 레벨에서 대체 경로를 자유롭게 변경할 수 있는 특징을 가진다. 이러한, 서버형 알고리즘은 주소해석서버의 수용 범위에 따라 서브넷 내부용 주소해석서버와 서브넷간 광역 망용 주소해석서버로 나뉜다. 전자에는 전통적인 IPOA 모델의 ATMARP 서버와 MPOA 서버, 그리고 다자간 서비스 모델의 MARS 서버 등이, 후자에는 NHS 서버와 MPOA 모델의 MPS 서버가 해당된다.

NHRP 응용 알고리즘은 서브넷 간의 주소해석 정보 교환을 위해 NHS 서버와 NHRP 프로토콜을 사용한다. NHRP는 목적지 호스트로 향하는 다음

홉의 ATM 주소를 결정하기 위하여 발신지 호스트에 의해 사용된다. 호스트는 주어진 IP 주소를 변환하기 위하여 NHRP를 사용하여 NHS로 질문 메시지를 송신한다. NHS가 이러한 질문 메시지에 대하여 응답을 할 수 없다면, 이 메시지는 정상적인 목적지 경로에 있는 다음 NHS로 포워딩된다. 질문 메시지는 IP 주소가 변환될 때까지 다음 NHS로 진행된다. NHRP 응용 알고리즘에서는 NHRP 질문 메시지에 의해 주소 변환이 이루어짐과 동시에 모든 중간 라우터와 정상적인 포워딩 경로를 통하지 않고 ATM SVC로 설정된 Shortcut 경로를 따라 목적지로 직접 연결한다.

MPOA 방식은 LANE 환경에서 서브넷간의 유니캐스트 데이터를 효율적으로 전달하는 위해 제안된 기법으로서, 라우터 없이도 서브넷간 IP 계층 프로토콜 통신을 가능하게 할 목적으로 제안되었다. MPOA는 클라이언트/서버 구조를 기반으로 하며, MPOA 클라이언트(MPC)는 다른 서브넷에 위치한 호스트의 IP 주소를 ATM 주소로 변환하기 위하여 MPOA 서버(MPS)를 사용하며, NHRP와 동일한 방법으로 Shortcut을 제공한다¹³.

RISP 응용 알고리즘에서는 서브넷 간의 주소 해석 정보 교환을 위해 ATMARP 서버와 NHRP 프로토콜의 메시지를 일부 사용한다. 이 알고리즘에서는 NHRP 알고리즘과 달리, NHS 서버 대신에 ATMARP 서버를 사용하고 Shortcut 경로 설정의 주도권도 수신자가 가지는 착신자 요구형 Shortcut 라우팅 알고리즘이다. 따라서 착신자 요구형 라우팅 알고리즘의 사용으로 인해 Shortcut 경로 설정 대기 시간을 NHRP 응용 알고리즘에 비해 50% 가까이 줄일 수 있으며, 라우터가 주소 해석을 위한 데이터 베이스를 관리할 필요가 없게되어 라우터 자원의 절약효과가 있다. 또한, 목적지 호스트에게 Shortcut 경로 설정 거부 권한이 있어 망 자원과 목적지 호스트의 처리 용량을 고려한 경로 설정이 가능하여 목적지 호스트가 이동하는 이동통신 응용에 매우 적합한 알고리즘이다.

2. 비서버형 라우팅 알고리즘

비서버형 알고리즘은 라우터의 네트워크 계층을 배제하고 통신망 레벨의 고속 경로를 제공하는 IP Cut Through 방식을 사용하고 있다. 비서버형 알고리즘은 라벨 분배 프로토콜을 이용하여 주소 해석 정보를 교환하는 방식으로 ATM 스위치와 IP 라우터가 동일한 시스템에 구현되기 때문에 별도의

ATM/IP 간 주소 변환 기능이 필요 없다. 따라서 Shortcut 경로는 라우터를 통과하나, 계층 3 레벨의 IP 계층 기능 처리를 생략하고 계층 2 레벨의 고속 스위칭을 이용하는 형태이다. 이로 인해 IP 계층 기능 처리가 에지 라우터에 집중되는 문제가 있으며, 라우터도 코어와 에지 라우터의 두 가지 형태로 구현되므로 대규모 통신망 설계 시에 구조가 복잡해 진다.

이러한 비서버형 알고리즘에는 LDP를 사용하는 MPLS 모델, TDP를 사용하는 Tag Switching 모델, IFMP를 사용하는 IP switching 모델 그리고 P-NNI 라우팅 프로토콜을 사용하는 I-PNNI 모델 등이 있으나 MPLS 방식이 가장 대표적인 모델이다. 최근 IETF에서 제안한 MPLS 방식은 네트워크 계층 라우팅에 라벨 교체형 포워딩 기능을 결합한 새로운 기술이다. MPLS에서는 패킷이 네트워크로 들어갈 때 레이블이라는 고정된 짧은 길이의 값을 사용하여 주소 변환을 한번만 수행하면 이후 IP 패킷은 레이블 값을 따라 스위칭 레벨에서 포워딩된다. 따라서 IP 패킷에 대한 최장 일치값을 계산하는 오버헤드를 제거시킬 수 있어 패킷 포워딩 속도를 증가시킬 수 있다¹⁴⁾.

이와 같이 비서버형 알고리즘은 ATM 스위칭을 기반으로 계층 3 라우팅 기능을 통합하는 형태를 취하고 있어서 IP 기반 멀티미디어 서비스와 같이 높은 QoS를 요구하는 서비스를 제공하는데 장점이 있으나, 별도의 라벨 분배 프로토콜을 사용하고 있어서 기존 IP 라우터와의 호환성 확보에 적지 않은 문제점을 가지고 있다. 또한, Shortcut 경로 설정에도 불구하고 에지 라우터에서는 라우팅 부하와 테이블 크기의 한계가 여전히 남아 있어서 네트워크 확장에 문제가 있다. 이외에도 비서버형 알고리즘을 채용한 망과 그렇지 않는 망과의 연동 문제, 망 체중이 일어날 경우 라벨의 변환이 용이하지 않다는 문제, 서비스 등급에 따른 정교한 경로 관리가 쉽지 않다는 것 등이 문제로 남아있다.

표 1. 라우팅 알고리즘 비교

	비서버형 알고리즘	서버형 알고리즘
회선 설정	호스트간	호스트간
주소 번역	라벨 분배	주소 번역 서버
라우팅	통합 라우팅	계층별 라우팅
라우터 고장시	동적 라우팅	재 경로설정
체중 제어	ATM 계층 제어	제어 안함
홉 수	많음	적음
광역망 적용성	많은 고려가 필요	용이함
QoS 제공성	많은 고려가 필요	용이함
Shortcut 방식	Cut Through	ATM Shortcut

반면 서버형 알고리즘의 경우, 서비스 대기시간이 길다는 단점은 있으나, 광역망 적용성과 QoS 보장성이 높고, 홉 수가 적어 라우터 부하를 줄일 수 있는 등의 장점이 있다. 따라서 광역 ATM망을 기반으로 하는 멀티미디어형 인터넷 서비스의 수용을 위해서는 비서버형 알고리즘보다 서버형 라우팅 알고리즘이 유리하다고 하겠다.

3. QoS 보장 측면의 요구사항 분석

기 제안된 서버형 라우팅 알고리즘은 중단 시간을 직접 연결하는 Shortcut 경로를 설정함으로써, 라우터의 경로 계산 및 프로토콜 처리 부담을 줄일 수 있고, 고전적인 IPOA 방식에서 직면하던 서브넷 라우팅 오버헤드를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 가상 연결의 수를 줄이는 효과가 있다. 그러나, 서브넷 간의 주소 해석을 위해 도입한 NHRP 프로토콜은 주소 해석과 네트워크 자원측면에서 절감 효과를 제공함에도 불구하고, 네트워크의 규모가 커질수록 NHS 서버에 보관할 주소 정보량도 비례적으로 증가하는 특징이 있다. 따라서 주소 저장 테이블의 크기가 네트워크 규모를 제한하게 되는 문제점과 NHS 서버 간의 주소 정보의 불일치성 문제를 가져오게 된다. 이들 서버형 알고리즘은 경로 설정에 앞서 사용자의 QoS 요구 기준에 부합하는 경로를 발신지 호스트와 목적지 호스트간에 생성 가능한 지를 확인하고 그 결과에 따라 두 지점간을 직접 연결하는 ATM 경로를 생성하는 방식을 취한다. 따라서, 발신측 호스트에게 Shortcut 설정 판단 권한이 없어서 필요한 경우에만 Shortcut 경로를 생성하는 것이 아니라, 모든 IP 패킷 흐름에 대해 Shortcut 경로를 생성하기 때문에 경로 수가 지나치게 증가하여 네트워크 자원이 낭비되는 문제가 있다. 또한, QoS 보장형 경로 설정을 위해서는 인터넷 서비스에서 요구하는 서비스 품질과 네트워크에서 제공 가능한 네트워크 품질간의 매핑이 전제되어야 하나, 기존의 라우팅 알고리즘들은 응용 서비스에서 요구하는 네트워크 능력과 실제로 네트워크에서 제공 가능한 능력을 매핑한 서비스 분류법을 사용하지 않고 있다. 서버형 알고리즘의 경우, 주소 해석과 Shortcut 경로 설정이 완료될 때 까지는 데이터 패킷의 전송이 불가능하므로 서비스 대기시간이 지나치게 크다는 단점을 가지고 있다.

이와 같이 종래의 서버형 라우팅 알고리즘들은 Shortcut 경로설정을 이용한 많은 장점에도 불구하고 서비스 대기시간 과다, QoS 별 경로 설정 능력

의 취약, 라우터의 처리능력 제약, 네트워크 자원의 낭비로 인한 망 확장의 어려움 그리고 대체 경로설정 능력 미비 등 많은 문제가 상존하고 있어서 광역 망 적용성, 망의 안정성, 망 자원의 효율성, QoS 보장성 그리고 서비스의 즉시성 등에서 취약점이 있다. 따라서, 광역 ATM 망 환경에서 QoS 요구형 인터넷 서비스를 수용하기 위해서는 다양한 인터넷 서비스의 QoS 수준에 따라 경로를 탄력적으로 설정할 수 있는 라우팅 능력이 가장 중요하다. 이를 위해서는 인터넷 사용자가 요구하는 QoS를 정확히 표현할 수 있고 서비스 트래픽의 특성과 네트워크의 제공 능력간을 매핑할 수 있는 새로운 인터넷 서비스 분류법이 필요하다. 이러한 QoS 보장형 라우팅 알고리즘의 요구사항을 요약하면 표 2와 같다.

표 2. QoS 보장형 라우팅 알고리즘 요구사항

영역	기존방식의 문제점	해결방안
서비스 즉시성	- 서비스 대기시간 과다	- 주소해석 완료 전에 패킷 전송이 가능한 전달 메커니즘 채택
QoS 보장성	- QoS 별 별도의 경로 설정 능력 취약 - 응용서비스의 QoS와 네트워크 COS 간 매핑 방안 부재	- 인터넷 서비스의 트래픽 특성에 따른 서비스 재분류 - 분류된 서비스에 따른 차등 Shortcut 경로 설정 메커니즘 도입
망 자원 효율성	- 라우터의 처리능력 제약 - NHS 저장정보의 불일치	- 라우터 처리 능력의 분산을 통한 부하 균형 (load balancing) 유지
광역 망 적용성	- 네트워크 자원의 낭비로 망 확장이 난이 - 라우팅 테이블 크기 제한	- 종단 사용자간 Shortcut 경로 설정을 통한 가상 연결 수 절감 - 동일 트래픽 특성 서비스간의 공통Shortcut 경로 이용을 통한 가상연결 수 절감 - 최선형 서비스는 휴바 이혼 경로 공동 이용
망 안정성	- 대체 경로 설정 능력 미비로 호 차단율 증가	- 호스트 및 라우터에 Shortcut 경로 설정 판단 능력 부여 - 장애 발생시 대체 경로 설정 능력 부여

III. WQPOA 라우팅 알고리즘 설계

본 장에서는 광역 ATM 망 환경에서 인터넷 사용자간의 QoS 요구수준에 따라 차별적으로 경로

설정이 가능하게 하는 새로운 라우팅 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 먼저 새로운 서비스 분류법을 정의하고, 기존 서버형 알고리즘에서 문제로 정리된 항목들 중에서 광역 망 적용성, QoS 보장성 그리고 서비스 대기시간 개선에 초점을 맞춘 QoS 보장형 라우팅 알고리즘으로 WQPOA 알고리즘과 경로제어 프로토콜인 QPNP 프로토콜을 설계한다.

이를 위해 먼저 인터넷 응용 서비스를 트래픽 유형에 따라 새롭게 분류하는 것과 이 유형별로 ATM QoS를 매핑하는 것이 필요하다. 이는 라우팅 알고리즘이 QoS 특성별로 분류된 서비스 유형에 따라 경로를 다르게 배정할 때, 결과적으로 서비스에서 요구하는 QoS 기준을 보장할 수 있기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 인터넷 서비스를 시간민감형 QoS를 요구하는 실시간 서비스와 그렇지 않은 최선형 서비스로 분류하고, 최선형 서비스의 경우, 다시 트래픽 특성에 따라 버스트한 특성을 갖는 장수 트래픽 서비스와 그렇지 않은 단명 최선형 서비스로 재분류하는 등 다음과 같이 3종류로 나눈다. 이는 트래픽의 형태가 버스트한 경우, 패킷의 길이가 상대적으로 길어져서 라우터에 미치는 부하가 크고 서비스 시간이 많이 소요된다는 점에서 짧은 패킷 길이를 갖는 트래픽과는 다른 메커니즘으로 라우팅을 하는 것이 유리하다는 점에 착안한 결과이다.

- 실시간 서비스 : RTP/UDP에서 입력된 트래픽으로 실시간 QoS에 민감한 서비스
- 장수 트래픽 서비스 : TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽으로 패킷 길이가 다음 조건을 만족하는 버스트한 특성을 갖는 데이터 서비스

$$\text{패킷 길이} > L_v \text{ (임계치)}$$
- 단명 최선형 서비스 : TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽으로 패킷 길이가 다음 조건을 만족하는 최선형 서비스

$$\text{패킷 길이} < L_v \text{ (임계치)}$$

1. 라우팅 알고리즘 설계 개념

WQPOA 라우팅 알고리즘은 품질순응형 설계 개념에 따라 종단 사용자간의 직접적인 ATM 연결을 제공하는 Shortcut 라우팅 방식을 도입한다. 이는 기존 알고리즘에서도 채택했던 사항으로 높은 QoS를 요구하는 IP 패킷 흐름에 대해서 종단간을 직접 연결하는 Shortcut 경로를 설정하는 개념은 같으나,

낮은 QoS를 요구하는 흐름에 대해서는 홉바이홉 형태의 경로를 할당하는 등, QoS 요구수준에 따라 경로 설정 방법을 다르게 함으로써 QoS 보장 능력과 네트워크 자원 활용도의 개선이 가능하다는 특징이 있다. 특히, 서비스 대기시간을 단축할 수 있도록 패킷 전송요구가 있으면 주소해석이 진행되는 동안에도 패킷을 바로 전송할 수 있도록 설계한다. WQPOA 알고리즘은 앞에서 분류한 서비스 유형에 따라, QoS별 최선 경로를 사용하여 홉바이홉 형태로 패킷을 전송하는 QoS 기반 홉바이홉 방식과, 버스트한 트래픽에 대해서 라우터간을 직접 연결한 공통 채널 Shortcut으로 전송하는 공통 채널 Shortcut 방식, 그리고 실시간 QoS를 요구하는 트래픽에 대해서는 종단간을 직접 연결하는 ATM Shortcut을 통하여 전송하는 QoS 보장형 Shortcut 라우팅 방식 등으로 설계된다.

- QoS 보장형 Shortcut 라우팅 방식: 계층 4 프로토콜 중에서 RTP/UDP 프로토콜에서 입력한 트래픽을 실시간 서비스로 정의하고, 송신 호스트와 수신 호스트간에 IP 패킷 흐름 당 한 개씩의 QoS 보장형 Shortcut 경로를 설정
- QoS 기반 홉바이홉 방식: 계층 4 프로토콜 중에서 TCP 프로토콜에서 입력한 트래픽은 일단 단명 최선형 서비스로 정의하고, 입력 트래픽의 길이를 계속적으로 관찰하면서 입력 패킷의 길이가 일정 임계치(L_{iv})를 넘지 않는 경우, 라우팅 프로토콜을 사용하여 홉바이홉 방식으로 전송
- 공통 채널 Shortcut 방식: TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽 중에서 패킷의 길이가 일정 임계치(L_{iv}) 이상인 경우 장수 트래픽 서비스로 결정하고, 이 경우에는 입출력 라우터 쌍마다 공통채널 Shortcut 경로를 한 개씩 설정

그림 1은 WQPOA 라우팅 알고리즘을 적용한 통신망 구조를 나타낸 것으로 QoS 보장형 Shortcut 경로와 공통채널 Shortcut 경로의 통신망 측면의 연결 개념을 나타내고 있다.

2. WQPOA 라우팅 알고리즘 설계

WQPOA 라우팅 알고리즘은 종래의 서버형 알고리즘의 문제점을 개선하기 위하여 새로운 경로 배정 메커니즘을 도입하여 설계된다. 이 메커니즘은 입력되는 트래픽의 계속적인 모니터링을 통하여 트래픽 유형을 인지할 수 있도록 한다. 서비스 트래픽이 실시간 서비스일 경우에는 종단 호스트간 Shortcut 설정 개념을 도입하고, 장수 트래픽 서비스일 경우, 동일 LIS에 속한 호스트들이 다른 LIS를 동일 목적으로 통신하기 원할 때, 공통 Shortcut을 사용할 수 있도록 입출력 라우터간 Shortcut 설정 개념을 활용하며, 단명 트래픽 특성을 지닌 최선형 서비스일 경우, QoS 기반의 홉바이홉 라우팅 개념을 사용하여, 제안한 알고리즘이 사용자 트래픽의 QoS 요구조건에 맞는 경로를 자동으로 생성하도록 설계함으로써, 종래의 서버형 라우팅 알고리즘보다 서비스별 QoS 제공 능력이 개선되도록 한다.

종래의 NHS 서버간의 라우팅 정보의 비일치 문제를 해결하기 위해, NHS 서버를 이용한 주소 해석 메커니즘을 지양하고 ARP 서버를 이용하는 홉바이홉 처리 방식을 채택하며, 이로 인한 서비스 대기시간의 증가 문제는 Shortcut 경로가 필요할 경우, 홉바이홉 패킷 전송과 동시에 Shortcut 경로 설정을 요청하도록 설계하여 최대한 서비스 대기시간을 줄일 수 있게 한다.

또한, 종래의 서버형 알고리즘이 패킷 흐름마다 독립적인 Shortcut을 생성함으로써 가상채널의 낭비를 초래하고 이로 인한 통신망의 확장성 제한 문제를 해결하기 위해 QoS 요구사항이 유사한 패킷 흐름에 대하여 공통채널 Shortcut을 함께 이용할 수 있도록 설계함으로써 확장성을 개선한다. 그리고 라우터에게 Shortcut 설정을 판단할 권한이 없어, QoS를 요구하는 패킷 흐름에 대하여 무조건 Shortcut을 만들므로 인해 발생하던 자원 낭비 문제는 새로운 경로 제어용 프로토콜인 QPNP 프로토콜을 사용하여 사전에 Shortcut 설정 여부에 대한 협상이 가능하도록 한다. 특히 최근 이동 통신망을 이용하는 이동 호스트에서 요구하는 경로변경 문제는 착신자 요구형 shortcut 생성 기법을 도입하여 해결한다.

WQPOA 알고리즘의 단계별 동작을 정리하면 다

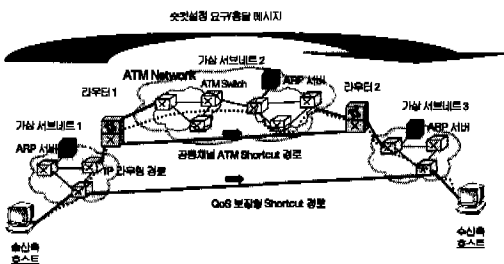


그림 1. WQPOA 모델을 적용한 통신망 구조

음과 같다.

1. 스텝 0 : 알고리즘 동작을 위한 기본적인 상태로, 먼저 목적지별로 OSPF, RIP, BGP 등 라우팅 프로토콜과 링크 상태 정보 및 QoS 파라미터를 이용하여 기본 데이터 경로 및 QoS 별 데이터 경로를 선택하고, 송신 호스트와 ARP 서버 간 또는 기본 라우터 간의 영구 가상 채널을 생성한다.
2. 스텝 1 : IP 패킷 전송 요구가 있는 경우, 입력 패킷의 헤더를 분석하여 라우팅 테이블 및 ARP 캐시에 해당 정보가 있으면 스텝 6으로 이동하고 아니면 스텝 2로 이동한다. IP 패킷 전송 요구가 없는 경우 스텝 1을 반복적으로 수행한다.
3. 스텝 2 : 입력 트래픽이 실시간 트래픽이면 QoS 보장형 Shortcut 설정을 요구한 후 스텝 3으로 이동하고, 아니면 스텝 4로 이동한다.
4. 스텝 3 : QoS 보장형 Shortcut 설정이 완료되면 해당 주소정보를 라우팅 테이블 및 ATM 채널 테이블에 반영한 후 스텝 6으로 이동한다.
5. 스텝 4 : 입력 트래픽이 장수 트래픽이면 공통 채널 Shortcut 설정을 입력 라우터에 요구한 후 스텝 5로 이동하고, 아닐 경우 스텝 6으로 이동한다.
6. 스텝 5 : 공통채널 Shortcut 설정이 완료되면 해당 주소 정보를 입력 라우터의 라우팅 테이블 및 ATM 채널 테이블에 반영한 후 스텝 6으로 이동한다.
7. 스텝 6 : 선택한 경로 정보를 이용하여 필요한 경우, ARP 주소 해석 과정을 거쳐 IP 주소와 ATM 주소를 매핑한다.
8. 스텝 7 : 패킷을 해당 경로에 매핑된 ATM 채널을 통하여 포워딩한 후 스텝 1로 이동한다.

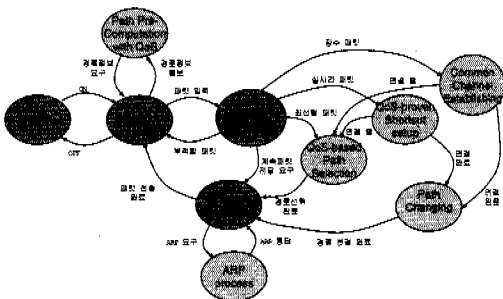


그림 2. 제안된 알고리즘의 상태 천이도

WQPOA 알고리즘은 기본적인 동작 개념에 따라 그림 3과 같이 입력 호스트와 입력 라우터로 나누어 구현된다. 이러한 WQPOA 라우팅 알고리즘은 입력 트래픽의 종류 및 네트워크의 상태에 따라 QoS 보장형 Shortcut 라우팅 알고리즘, 공통 채널 Shortcut 라우팅 알고리즘, QoS 기반 홉바이홉 라우팅 알고리즘, 그리고 경로재설정 라우팅 알고리즘 등 네가지 알고리즘으로 설계된다.

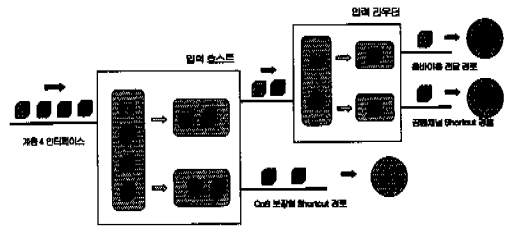


그림 3. 제안된 WQPOA 모델의 동작 원리

송신할 패킷이 종단 호스트에 입력되면, 호스트는 인터넷 트래픽을 QoS 보장형 Shortcut 경로가 요구되는 트래픽과 그렇지 않은 트래픽으로 분류한다. 이때 호스트는 실시간 QoS 요구형 트래픽에 대해 QoS 보장형 Shortcut 라우팅 알고리즘을 통하여 서비스를 제공한다. 그렇지 않은 트래픽일 경우에는 입력 호스트에서 처리하지 않고 디폴트 경로를 통하여 입력 라우터로 송신한다. 입력 라우터는 트래픽을 다시 홉바이홉 경로가 요구되는 트래픽과 공통채널 Shortcut 경로가 요구되는 트래픽으로 분류한다. 공통채널 Shortcut 경로가 요구되는 트래픽에 대해서는 공통채널 Shortcut 라우팅 알고리즘을, 홉바이홉 경로가 요구되는 트래픽에 대해서는 QoS 기반 홉바이홉 라우팅 알고리즘을 통하여 서비스를 제공한다. WQPOA 알고리즘은 트래픽의 유형에 따라 실시간 정보흐름, 장수 트래픽 정보흐름, 단명 최선형 정보흐름, 그리고 경로 재설정 정보흐름 등 4가지의 서로 다른 정보흐름을 지원한다.

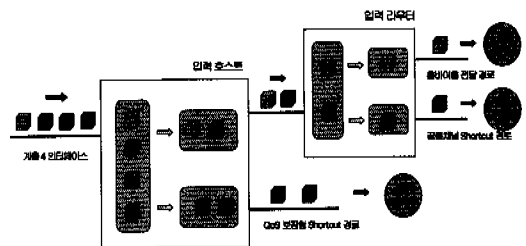


그림 4. QoS 보장형 Shortcut 라우팅 알고리즘의 메시지 흐름

▷ 실시간 정보 흐름

QoS 보장형 Shortcut 라우팅 알고리즘은 실시간 서비스를 지원하며 다음 그림 4와 같은 메시지 흐름에 따라 동작한다. 이를 위해 송신측 호스트와 수신측 호스트 사이에 라우터를 경유하지 않는 직접 접속 경로인 QoS 보장형 Shortcut을 생성하는 역할을 수행한다.

▷ 장수 트래픽 정보 흐름

공통 채널 Shortcut 라우팅 알고리즘은 장수 트래픽 서비스를 지원하며 그림 5와 같은 메시지 흐름에 따라 경로 배정 기능을 수행한다. 본 알고리즘은 중간 라우터를 경유하지 않고 발신측 서브넷의 디폴트 라우터인 입력 라우터와 착신측 서브넷의 디폴트 라우터인 출력 라우터 사이에 직접 접속 경로인 공통채널 Shortcut을 생성하는 역할을 수행한다. 따라서 발신측 서브넷과 착신측 서브넷이 일치하는 모든 패킷 흐름에 대해서 공통채널을 통한 Shortcut 경로 공유가 가능한 구조이다.

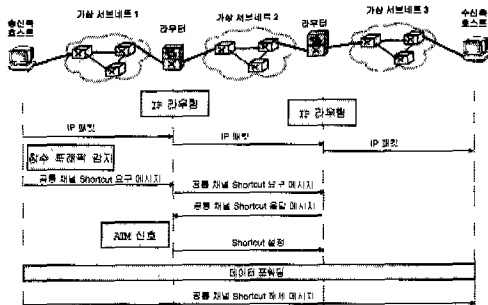


그림 5. 공통 채널 Shortcut 라우팅 알고리즘의 메시지 흐름

▷ 단명 최선형 정보 흐름

QoS 기반 휴비이휴 라우팅 알고리즘은 단명 최선형 서비스를 위한 라우팅 알고리즘으로써, 그림 6과 같은 표준 메시지 흐름을 가진다. 본 알고리즘의 동작은 사전 경로 계산 절차와 ARP 서버와 디폴트 라우터를 이용하는 휴비이휴 경로 제어 절차로 구성된다. 사전 경로 계산에 사용되는 알고리즘은 QoS 기준에 따른 최적 경로 알고리즘을 사용하여 사용자의 호 설정 요구와 무관하게 통신망의 상태 변화와 응용 서비스의 요구품질에 따라 미리 경로 계산이 이루어지므로 선택된 기준에 대해 최적 경로를 제공한다. 사전 경로 계산에서 선택된 경로 정보를 이용한 휴비이휴 경로 제어 절차는 ARP 서버를 이용한 주소 해석 기능을 거친 후, 휴비이휴 패

킷 전송방식으로 경로상의 모든 라우터를 거쳐 목적지에 도달하는 전과정을 제어한다.

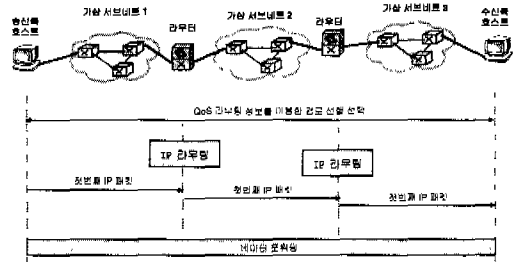


그림 6. QoS 기반 휴비이휴 라우팅 알고리즘의 메시지 흐름

▷ 경로 재설정 정보 흐름

WQPOA 알고리즘은 경로 설정 과정이나 경로가 설정된 이후 데이터 전달과정에서 장애가 발생하면 알고리즘의 안정성 및 견고성을 확보하기 위해 별도의 대체 경로 재설정 절차를 수행한다. 경로 재설정 절차는 Shortcut 경로 또는 휴비이휴 경로를 통하여 인터넷 트래픽을 전달하는 도중, 네트워크 차원의 고장이나 라우터의 과부하로 호/연결의 차단이 발생할 경우에 경로의 재설정을 담당한다. 만약 데이터를 전달하는 도중에 네트워크에서 고장이 발생하면 고장을 인지한 라우터에서 사용하던 경로를 따라 송신 호스트로 경로 재설정을 요구하는 제어 메시지를 송신한다. 송신 호스트는 해당 경로를 통한 데이터 전달을 포기하고 QoS 기반 라우팅 프로토콜을 사용하여 휴비이휴 방식으로 데이터를 중단 없이 전달한다. 그러나, 재설정된 경로는 원래 사용자와 합의한 QoS를 준수하지 못하고 데이터 전달의 연속성만을 보장한다.

3. QPNP 프로토콜 설계

QPNP 프로토콜은 WQPOA 라우팅 알고리즘의 QoS 협상 및 Shortcut 경로 설정을 지원하기 위해, 호스트간 혹은 입출력 라우터간의 QoS 파라미터 및 ATM Shortcut 경로 설정 협상용 제어 메시지의 수송을 담당한다. 따라서 다른 IP 제어 프로토콜과 마찬가지로 TCP/IP 프로토콜 스택에서 계층 3에 해당하는 IP 계층에서 동작하며 OSPF, RIP 및 BGP 프로토콜과 같은 라우팅 프로토콜과 동등하게 IP 패킷 내에 캡슐화 된다. 이때 다른 제어 프로토콜과의 구분을 위하여 IP 헤더에 있는 프로토콜 구별자 필드(PI)의 특정 값으로 정의한다. ICMP 프로토콜의 경우 PI = 01, OSPF 경우 PI = 22 그리고 RIP

의 경우 PI = 24로 구분되며 QPNP 프로토콜의 경우 PI = 05의 값을 갖는 것으로 정의한다.

본 프로토콜은 IP 패킷에 포함되어 일반 사용자 호스트와 입력 라우터, 출력 라우터 또는 중간 라우터 사이의 통신에 사용된다. 따라서 QPNP 패킷은 IP 헤더의 프로토콜 구별자 필드를 QPNP 프로토콜로 표시하고 IP 패킷의 페이로드 영역에 삽입되어 링크 계층으로 전달된다. 그림 7은 QPNP 프로토콜의 다른 계층 프로토콜간의 관계 및 패킷 어셈블리 개념을 보여준다.

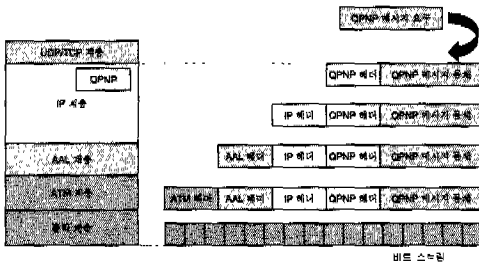


그림 7. QPNP 패킷 어셈블리 개념

▷ 메시지 유형

QPNP 프로토콜은 QoS 보장형 Shortcut 경로 설정/해제, 공통채널 Shortcut 경로 설정/해제, 에러 상태 전달 그리고 경로 재설정 요구 기능을 담당하며 QPNP 프로토콜 엔티티 간의 정보 전달을 위해 다음과 같이 8가지 메시지가 사용된다.

- QPNP Resolution Request : 종단 호스트간의 QoS 보장형 Shortcut 설정을 요청하는 메시지
- QPNP Resolution Reply : 종단 호스트간의 QoS 보장형 Shortcut의 설정 요청에 대한 응답 메시지
- QPNP CommonChannel Request : 입출력 라우터간의 공통채널 Shortcut의 설정을 요청하는 메시지
- QPNP CommonChannel Reply : 입출력 라우터간의 공통채널 Shortcut의 설정 요청에 대한 응답 메시지
- QPNP Release Request : QoS 보장형 Shortcut, 공통채널 Shortcut의 해제를 요청하는 메시지
- QPNP ReRoute Request : 장애 발생시 경로의 재설정을 요청하는 메시지
- QPNP ReRoute Reply : 장애 발생시 경로의 재설정 요청에 대한 응답 메시지

- QPNP Error Indication : 네트워크 자원의 부족, 노드 프로세싱 능력의 과부하 등으로 Shortcut 설정이 불가능할 경우에 사용하는 메시지

이중에서 QoS 보장형 Shortcut 경로와 관련하여 QPNP Resolution Request/Reply, QPNP Release Request, QPNP ReRoute Request/Reply, QPNP Error Indication 등 6개의 메시지가 사용되며, 공통 채널 Shortcut 경로와 관련하여 QPNP Common-Channel Request/Reply, QPNP Release Request, QPNP ReRoute Request/Reply, QPNP Error Indication 6가지 메시지가 사용된다.

▷ 프레임 포맷

QPNP 프로토콜은 ICMP(Internet Control Message Protocol)와 같은 제어 프로토콜처럼, IP 데이터그램의 페이로드에 메시지를 담는다. QPNP 프로토콜의 프레임 형식은 다음 그림 8과 같이 QPNP 헤더와 QPNP 객체로 구성된다.

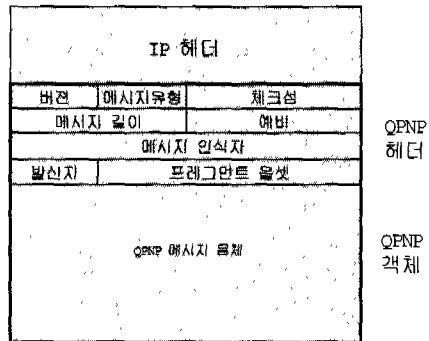


그림 8. QPNP 패킷 프레임 포맷

QPNP 헤더는 8 가지 영역으로 구성된다. 버전 영역은 QPNP 프로토콜의 버전 번호를 표현하며, 메시지 유형 영역은 메시지의 유형을 명시하고 있다. 체크섬 영역은 표준 TCP/IP 프로토콜의 1의 보수 체크섬을 전체 메시지에 대하여 적용한 값을 가지고 있으며 다음에 뒤따르는 한 바이트는 메시지 길이 정보를 담고 있다. 다음 1 바이트는 예비 영역이며 미래의 확장을 위한 것으로 현재는 어떤 값도 정의하지 않는다. 발신지 영역은 메시지를 생성한 곳이 발신지 또는 착신지 인지를 구별하는데 사용한다. 프래그먼트 오프셋 영역은 현재의 프래그먼트가 원래 메시지에서 어느 위치에 있는가를 알려주는

역할을 하며, 옵션 값이 0이면 원래 메시지의 처음을 가리킨다.

QPNP 메시지는 메시지 유형에 따라 QPNP 헤더에 뒤따르는 메시지 본체의 구성이 달라진다. 요청 메시지는 QPNP 헤더에 이어서, 메시지의 목적지, 메시지의 이전 홉, 최초 발신지, Shortcut 구성 영역 그리고 QoS 파라미터 등 다섯 개의 객체들이 포함된다.

목적지 객체는 목적지 주소와 목적지 포트를 담고 있으며, 이전 홉 객체는 메시지를 발신하거나 포워딩한 홉에 대한 정보를 가진다. 최초 발신지 객체는 해당 메시지를 최초로 발신한 호스트 또는 라우터의 주소 정보를 담고 있고, Shortcut 구성 영역 객체에는 Shortcut을 요청하는 영역에 대한 정보를 포함하고 있으며, QoS 파라미터 객체에는 요구 대역폭, 트래픽 유형, QoS 기준 등 QoS 협상을 위한 정보를 가진다.

응답 메시지는 요청 메시지 본체의 다섯 가지 객체들 중에서 마지막의 QoS 파라미터 객체 영역 대신에 파라미터 협상 결과 객체를 추가하여 구성된다. 그리고, QPNP 오류 메시지의 경우에는 메시지 본체의 다섯 가지 객체들 중에서 마지막의 QoS 파라미터 객체 영역에 오류의 원인 및 위치 정보가 기록된다.

▷ 프로토콜 동작

QPNP 프로토콜은 WQPOA 라우팅 알고리즘의 동작에서 QoS 보장형 Shortcut 설정/해제 절차, 공동채널 Shortcut 설정/해제 절차, 경로 재설정 절차, 오류 통보 절차 등에 사용된다. 제안된 알고리즘은 이 프로토콜을 사용하여 QoS 파라미터의 교환 및 협상, 그리고 Shortcut 설정 및 해제 요청을 수행하고, 메시지 요청 및 응답 과정이 완료되면 관련 호스트간 또는 라우터간에 ATM UNI 신호 프로토콜을 사용한 ATM 레벨의 스위치형 가상연결의 설정 및 해제 절차를 수행한다. 따라서 QPNP 프로토콜 절차와 신호 프로토콜 절차는 항상 연속적으로 수행되어 Shortcut 경로를 생성하게 된다.

IV. 실험 및 고찰

WQPOA 라우팅 알고리즘의 성능 평가를 위해, 기존에 제시된 서버형 라우팅 기법 중에서 IPOA 응용 알고리즘, NHRP 응용 알고리즘, RISP 응용 알고리즘 등 세 가지 기법을 선택하여 서비스 대기

시간 및 QoS 보장 능력 그리고 확장성 제공 능력 등 세 가지 측면에서 성능을 비교 분석한다. 인가 서비스는 3장에서 제시한 실시간 서비스, 장수 트래픽 서비스, 단명 최선형 서비스, 그리고 이들을 혼합한 서비스 등 네 가지 트래픽 유형을 선택하여 사용한다.

1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 시뮬레이션을 이용한 성능 평가방법을 사용한다. 시뮬레이션 도구는 통신시스템을 목적으로 설계되어 프로그램 작성시간이 절감되고 모델 구축이 용이한 OPNET Modeler를 사용한다^[15]. 시뮬레이션 시스템은 Ultra Sparc 워크스테이션의 Solaris 2.5 상에서 OPNET Modeler를 사용하며, 인가할 데이터 유형과 알고리즘은 C 언어를 사용하여 구성하였다. OPNET Modeler는 통신 모델 개발 과정과 특정 망 모델의 생성, 입출력 데이터의 관리, 시뮬레이션의 수행, 시뮬레이션 결과의 분석을 효율적으로 지원하는 특성이 있다.

시뮬레이션에 인가할 인터넷 서비스로는 가트너 그룹의 2002년 예상 서비스 특성에 나타난 검색형 서비스, 양방향 교신형 서비스, 그리고 단방향 교신형 서비스 중에서 전자도서관, 전자민원 그리고 VOD 서비스를 대표적인 응용 서비스 모델로 선택하였다^[16]. 전자도서관 서비스는 단명 최선형 서비스로, 전자민원 서비스의 경우, 장수 트래픽 서비스, 그리고 VOD 서비스는 실시간 서비스 유형으로 각각 매핑하여 사용하였다. 이러한 인터넷 서비스를 시뮬레이션에 적용하기 위해서 단명 최선형 서비스는 데이터 트래픽으로 모델링하고, 장수 트래픽 서비스와 실시간 서비스는 음성, 데이터 그리고 영상이 혼합된 다중화 트래픽으로 모델링하여 사용한다.

▷ 시뮬레이션 구성

시뮬레이션을 위한 시스템 구성은 성능 분석을 위해 ATM 망 기반으로 인터넷 서비스를 제공하는 다음 그림 9와 같은 망구조를 사용한다. 대상 망은 송신측 호스트와 수신측 호스트, 라우터 그리고 ATM 액세스 스위치와 코어 스위치로 구성되는 광역 ATM 망으로 가정하고, 제공되는 서비스는 인터넷 서비스만 대상으로 한다. ATM 코어 스위치는 초고속국가망에서 코어 스위치로 사용하고 있는 Hanbit ACE 64 스위치를, 액세스 스위치는 역시 국가망의 CANS를 사용한다. 라우터의 경우 국내에서 시판되는 ALAN 시스템을 기반으로 구성된

ATM 라우터로 가정한다.

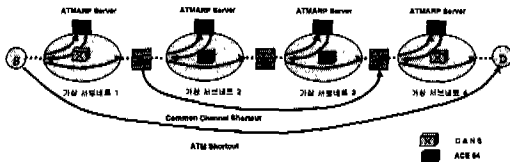


그림 9. 시뮬레이션 시스템 구성

다음은 상기한 망 구조에서 시뮬레이션에 적용할 기본적인 가정을 정리한 것이다.

- 각 서버넷은 하나의 ATM 스위치와 ATMARP 서버로 구성
- NHRP 응용 알고리즘에서는 ATMARP 서버가 NHS 서버를 겸함
- 각 라우터의 총 트래픽 중에서 80%는 외부 트래픽이고 20%는 내부 트래픽인 것으로 가정
- 광 링크는 155 Mbps의 속도로 동작하며 전파 지연은 무시
- ATM 링크 연결을 수립하기 위해 요구되는 신호처리 시간은 무시
- 캐시의 초기 특성은 50%로 가정

▷ 시뮬레이션 조건

시뮬레이션의 입력변수는 시뮬레이션 수행시간(3000초)과 시뮬레이션 대상에 따라 사용자가 정의하여 사용자 정의 입력변수로 나누어 진다. 사용자 정의 입력변수는 WQPOA 알고리즘과 기존에 제안된 라우팅 알고리즘을 비교하기 위해 사용된다.

- ① 평가 대상 알고리즘은 IPOA, NHRP, RISP 응용 알고리즘 및 WQPOA 알고리즘을 사용
- ② 평가 대상 망의 규모는 서버넷의 수에 따라 2, 3, 5, 7, 10홉 등 5 종류의 망 고려
- ③ 캐시 성공 비율은 IP주소나 ATM주소의 룩업 테이블에서 찾을 비율로 표시. 경로배정 테이블이 없는 경우(0%), 일반적인 망 상태인 경우(50%), 항상 룩업 테이블에서 찾을 수 있는 경우(100%)를 고려
- ④ 트래픽 유형에 따른 발생율과 특성은 네 종류의 인터넷 서비스 트래픽을 고려함

- 트래픽 유형 1 (검색형 서비스) : KByte 길이, 8 Mbps 대역폭을 가지는 전자도서관 서비스
- 트래픽 유형 2 (양방향 교신성 서비스) : 1Mbyte 길이, 대역폭은 8Mbps를 갖는 전자민원 서비스

- 트래픽 유형 3 (단방향 검색형 서비스) : 100 Mbyte 길이, 4 Mbps 대역폭을 요구하는 VOD 서비스

- 혼합 트래픽 : 트래픽 유형 1 : 트래픽 유형 2 : 트래픽 유형 3 = 40:20:40

⑤ 시스템 서비스 시간은 현재 국가망 채택 장비인 CANs, ACE64, ALAN의 전달특성 기준을 참조(라우터=0.00605, Host=0.0025, CANs= 0.00001, ACE64=0.00005, ATMARP/NHS 서버=0.01001초)

2. 실험 결과 분석

서비스 대기시간, QoS 보장 능력 및 확장성 제공 능력 측면에서 시뮬레이션한 결과를 비교 분석한다.

▷ 서비스 대기시간

서비스 대기시간은 사용자가 서비스를 요청한 후, 주소 해석과 연결 설정이 끝나고 첫 번째 데이터 패킷을 송신할 때 까지 걸리는 시간으로 정의된다. 그림 10은 서비스 대기시간을 IPOA를 제외한 세 가지 라우팅 알고리즘간의 인가된 트래픽의 함수로 비교 한 결과이다. RISP 알고리즘이 가장 긴 서비스 대기시간을 보였고 그 다음이 WQPOA 알고리즘이었으며, 주소해석 서버에 캐시된 정보가 50% 저장되어 있을 경우, NHRP 응용 알고리즘이 가장 짧은 서비스 대기시간을 보였다. 당초 가장 우수한 서비스 대기시간을 나타내리라 기대했던 RISP 응용 알고리즘이 긴 대기시간을 보인 이유는 다른 알고리즘과는 달리 서버넷간 연결의 주소변환 정보를 캐시하지 않는 ATMARP 서버를 사용하고 서버넷 외부 트래픽 비율을 80%로 가정했기 때문인 것으로 해석된다. IPOA 응용 알고리즘의 경우, 홉비이홉 형태 전달방식으로 인해 서비스 대기시간이 다른 세 가지 라우팅 알고리즘보다 5배 이상 많으므로 비교 대상에서 제외하였다.

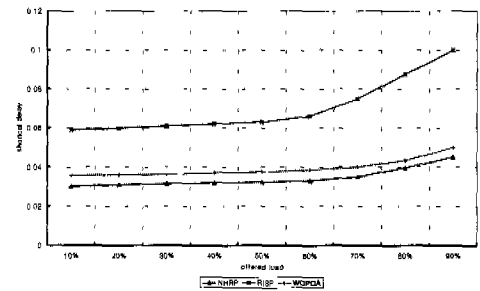


그림 10. 모델별 Shortcut 설정 시간

그림 11은 혼합 트래픽 유형이 입력 트래픽으로 인가되고 캐시 비율이 50%, 홉 수가 5일 때, 인가된 트래픽 부하량에 대한 각 라우팅 알고리즘의 첫 번째 데이터 패킷이 도착할 때까지의 전달 지연 시간을 보여준다.

예측한 대로 QoS를 전혀 고려하지 않은 IPOA 알고리즘은 인가된 부하가 50%까지는 비교적 작은 지연을 보여주고 있으나, 부하가 60%일 때부터는 첫 번째 데이터의 도착 지연시간이 급격히 증가하여 가장 긴 시간이 소요됨을 알 수 있다. 나머지 세 가지 알고리즘은 대체로 부하변동에 민감하지 않은 특성을 보여주고 있으며, NHRP와 WQPOA 알고리즘은 유사한 지연시간을 보여주고 있으며 RISP 알고리즘은 이들 방식에 비해 약 2배의 전달 지연시간이 소요됨을 알 수 있다. 서비스 대기시간과는 달리 WQPOA 알고리즘이 다른 알고리즘에 비해 가장 우수한 전달 지연시간 성능을 보여주었다. 이는 WQPOA 알고리즘이 Shortcut 경로 설정 중에도 홉바이홉 방식을 패킷으로 전송하는 알고리즘을 채택한 결과로 풀이된다.

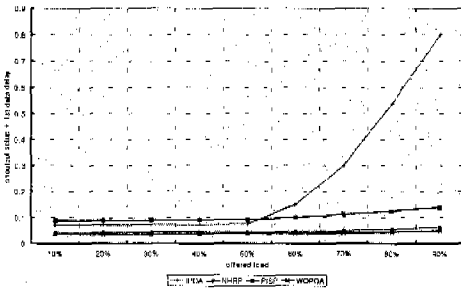


그림 11. 모델별 첫번째 데이터 도착 지연 시간

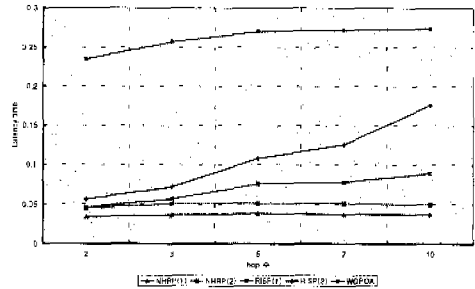
Shortcut 경로 설정을 위한 서비스 대기시간만을 비교할 때, 미세하나마 NHRP 응용 알고리즘이 가장 우수한 결과를 보였으나, 첫 번째 데이터 도착 지연시간까지 고려하면 WQPOA 알고리즘이 더 나은 결과를 보여주었다. 특히 WQPOA 알고리즘은 서비스 대기시간과 데이터 도착 지연시간이 동일하여 우수한 특성을 나타내고 있다. 이 결과는 QoS 보장형 Shortcut 경로에 대한 특성을 비교한 것이므로, 공통채널 Shortcut 경로를 설정할 경우에는 발신 호스트와 입력 라우터간의 홉바이홉 처리시간 만큼 지연시간이 커질 것으로 예상된다.

▷ 확장성 제공 능력

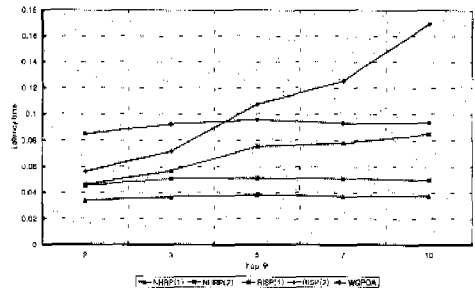
확장성 보장 능력을 비교하기 위해 네트워크 모

델의 라우터 홉 수를 2 홉에서 10홉까지 증가 시키면서 각 알고리즘별 서비스 대기시간과 첫 번째 데이터 도착 지연시간을 비교 분석한다.

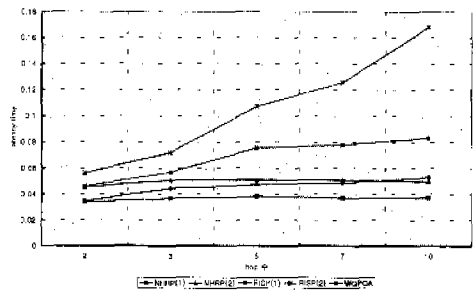
그림 12는 라우팅 알고리즘별 서비스 대기시간과 첫 번째 데이터 도착 지연시간을 보여준다. 그림에서 (a)는 트래픽 유형 1을 입력으로 인가한 경우, 홉 수에 따른 서비스 대기시간(1)로 표기)과 첫 번째 데이터 도착 지연시간(2)로 표기)을 보여준다. 이 경우에 제안된 알고리즘과 NHRP 응용 알고리즘, RISP 응용 알고리즘을 비교하면 지연 특성이 7배 정도 차이가 남을 볼 수 있었다. 이는 WQPOA 알고리즘의 경우, 인가된 서비스 트래픽을 단명 최선형 트래픽으로 판명하고 홉바이홉 방식으로 전달하지만, NHRP 응용 알고리즘, RISP 응용 알고리즘은 Shortcut 경로를 이용한 고속 전달 방식을 사용하기 때문인 것으로 해석된다.



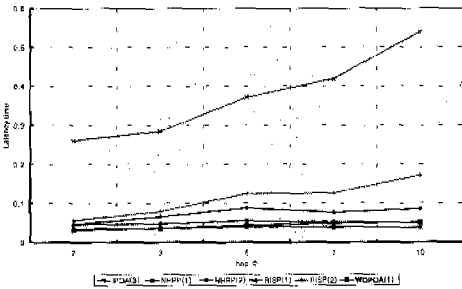
(a) 트래픽 유형 1을 인가시



(a) 트래픽 유형 2를 인가시



(c) 트래픽 유형 3을 인가시



(d) 혼합 트래픽 인가시

그림 12. 모델별 확장성 제공능력 비교

(흡수 수 = 5, 네 가지 트래픽이 인가된 경우)
 (1) 서비스 대기시간 특성, (2) 첫 번째 데이터 도착 지연시간 특성

그러나, 장수 트래픽과 실시간 트래픽이 인가된 경우인 그림 12의 (b)와 (c)의 경우에는 최선형 트래픽이 인가된 경우와 전혀 다른 특성을 보여준다

장수 트래픽인 트래픽 유형 2를 입력으로 인가한 경우, 제안된 알고리즘은 적은 흡수 수일 경우에는 여전히 다른 알고리즘과 비교하여 두 배 정도의 지연 특성을 나타내나 흡수 수가 5 보다 큰 경우에는 RISP 응용 알고리즘보다 최고 50% 적은 지연 특성을 나타내었다. 실시간 트래픽을 입력으로 인가한 경우에는 제안된 알고리즘의 장점이 보다 확실히 드러나서, NHRP 응용 알고리즘과 비슷한 좋은 지연 특성을 나타낼 수 있다.

더구나, 혼합 트래픽이 인가된 (d)를 살펴보면 제안된 알고리즘이 RISP와 NHRP 응용 알고리즘에 손색이 없는 지연 특성을 가짐을 보여주고 있다. 제안된 알고리즘의 경우 트래픽 유형에 따라 다른 경로를 선택함에도 불구하고 평균 지연 특성이 우수함을 알 수 있다. 특히, 제안된 알고리즘의 경우 흡수 수가 증가하더라도 지연 시간에 거의 변화가 없음을 볼 때, 망의 규모가 커지더라도 크게 영향을 받지 않아 망 확장에 유리함을 알 수 있다.

흡수에 대한 지연 특성을 종합하여 살펴보면, 제안된 알고리즘은 흡수 수의 증가에 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있으며, 트래픽 유형 1과 2에 대해서는 다소 불리한 특성을 나타내나, 트래픽 유형 3과 혼합 트래픽 유형의 지연 특성에 있어서는 NHRP와 유사하며, 실시간 QoS에서 가장 중요하게 요구되는 지연변이에 대해서는 10배 정도 우수한 특성을 보였다. 또한, 공통채널 Shortcut 경로에서 동일한 목적지 트래픽에 대해 경로 공유 효과를 추가할 경우, 트래픽 유형 2에 대한 지연 특성이 더 개선된다.

▷ QoS 보장 능력

네 가지 라우팅 알고리즘간의 QoS 보장 능력을 살펴보기 위해 라우터 흡수 수의 증가에 따른 데이터 전달 지연시간 및 지연 변이 등을 비교 분석한다. 주소 변환 정보가 캐시된 비율이 80% 이고, 흡수 수를 5로 고정하고 혼합 트래픽을 입력으로 인가한 경우에 대한 데이터의 평균지연 분포 및 지연 변이 분포를 살펴본다.

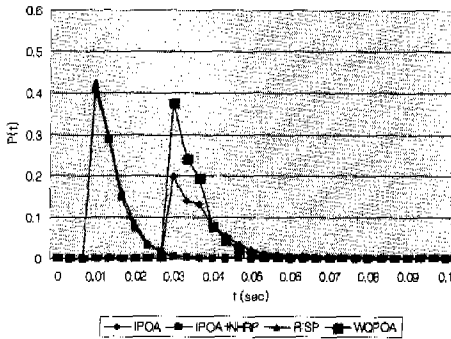
표 3. 트래픽 유형별 Shortcut 설정 평균지연

	트래픽 유형 1		트래픽 유형 2		트래픽 유형 3	
	평균 지연	지연 변이	평균 지연	지연 변이	평균 지연	지연 변이
IPOA 알고리즘	0.38927	0.74822	0.39118	0.88946	0.484859	1.038564
NHRP 알고리즘	0.01777	0.00111	0.01672	0.00101	0.017887	0.000978
RISP 알고리즘	0.02999	0.01169	0.02158	0.00516	0.040502	0.020713
WPOA 알고리즘	0.03345	0.00014	0.02157	0.00006	0.011113	0.000044

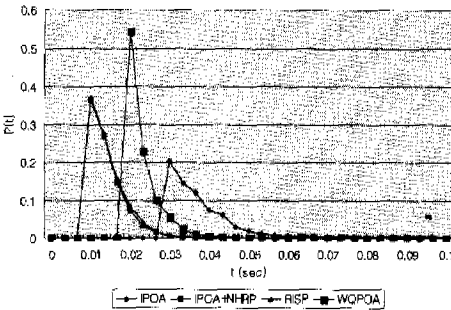
표 3에 표기된 시뮬레이션 결과에 따르면, 트래픽 유형 1과 유형 2에 대해서는 NHRP 응용 알고리즘이 가장 우수한 지연 특성을 나타내고 있으나, 지연 변이에서는 NHRP 응용 알고리즘보다 나은 특성을 보여 준다. QoS 제공성이 중요한 트래픽 유형 3의 실시간 서비스 트래픽이 입력으로 인가될 경우를 살펴보면, 제안된 알고리즘은 NHRP 응용 알고리즘과 비교해 50%, 그리고 RISP 응용 알고리즘과 비교해 400%의 평균지연 절감 효과를 나타내고 있으며, 지연 변이는 NHRP 응용 알고리즘과 비교할 때, 20 배 정도의 월등한 성능을 보임을 알 수 있다.

그림 13은 입력 트래픽을 80% 부하로 인가시 입력 트래픽 유형에 따른 각 라우팅 알고리즘별 지연 분포를 보여준다. (a)는 트래픽 유형 1인가시, 지연 분포를 나타내고 있으며, (b)와 (c)는 각각 트래픽 유형 2와 유형 3 인가시의 지연 분포를 나타낸다. 단명 최선형 트래픽과 장수 트래픽을 인가한 경우에는 (a)와 (b)에서 볼 수 있듯이 NHRP와 RISP 응용 알고리즘이 가장 우수한 지연 확률을 보여주고 있으며, 제안된 알고리즘이 그 다음이고 IPOA 응용 알고리즘이 가장 나쁜 특성을 보여준다. 실시간 트래픽이 인가된 경우에는 다른 알고리즘과 큰

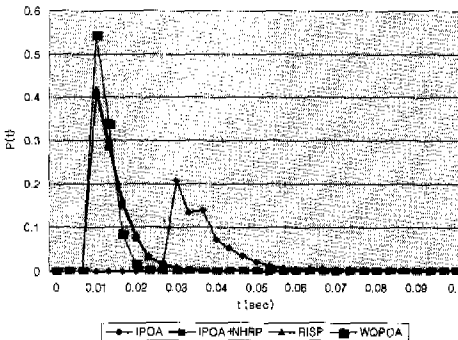
차이는 없으나 제안된 알고리즘이 가장 우수한 지연 확률 및 지연 변이를 갖는 것을 알 수 있다.



(a) 트래픽 유형 1 인가시



(b) 트래픽 유형 2 인가시



(c) 트래픽 유형 3 인가시

그림 13. 라우팅 알고리즘별 지연 및 지연변이분포

▷ 결과 종합 분석

세가지 서비스 유형에 대한 서비스 대기시간, QoS 보장 정도, 확장성 지원능력 등을 흡수의 증가 및 인가 트래픽 부하의 함수로 관찰한 결과를 종합적으로 검토해 볼 때, WQPOA 알고리즘은 예측한 대로 IPOA 응용 알고리즘보다는 월등한 성능을 보였으며,

Shortcut 경로를 사용하는 NHRP 및 RISP 응용 알고리즘에 비해 실시간 서비스를 제공할 경우, 서비스 대기시간, 첫번째 데이터 전달 지연시간, 지연 특성 그리고 지연 변이 분포 등에서 전반적으로 향상된 결과를 보여주었다. 이는 NHRP 응용 알고리즘과 RISP 응용 알고리즘이 QoS를 고려하지 않고 서비스를 요청하는 모든 응용 서비스에 대해 Shortcut 경로를 설정하는 반면, 제안된 알고리즘은 서비스의 유형의 QoS 요구 기준에 따라 차등적으로 Shortcut 경로를 이용하도록 제어함으로써 망 자원을 효율적으로 활용할 수 있기 때문으로 분석된다.

V. 결론

본 논문에서는 초고속 정보통신망의 하부 구조로 기대되는 광역 ATM망 환경에서 다양한 인터넷 응용 서비스를 제공하기 위한 QoS 요구수준에 따른 경로 제공이 가능하고 주소 해석 대기시간이 짧은 특성을 가지며, 광역 망 적용을 위한 네트워크 확장 능력이 뛰어난 품질순응형 특성을 지닌 WQPOA 라우팅 알고리즘과 QPNP 프로토콜을 제안하였다.

WQPOA 알고리즘은 IPOA 구조를 기반으로 종단 사용자 간을 독립적인 Shortcut 경로나 연속적인 Shortcut의 체인으로 연결되도록 설계하였다. Shortcut 경로는 각 인터넷 서비스별로 관련 ATM 전달 능력과의 매핑을 통하여 서비스 레벨에서 ATM망의 QoS를 직접 이용하도록 하였으며, Shortcut 경로를 생성할 때 미리 QoS 보장 현상이 가능하도록 새로운 QPNP 프로토콜을 제안하여 사용자간에 수 흡 수준에서 직접 접속이 가능하도록 설계하였다. 또한, 독립적인 Shortcut의 설정으로 인한 라우팅 테이블 과다 문제를 해결하기 위하여 Shortcut 경로를 QoS 보장형 Shortcut 경로와 공통채널 Shortcut 경로 등 두 종류로 구성하였다. 실시간 트래픽일 경우에는 독립적인 QoS 보장형 Shortcut 경로를 이용하도록 하였으며, 버스한 트래픽의 경우에는 공통채널 Shortcut 경로를 이용하여 QoS 수준에 따른 적절한 경로 공유하게 하여 연결 수를 최소화 할 수 있도록 하였다.

성능 비교를 수행한 결과, 제안된 알고리즘은 다른 서버형 알고리즘에 비해 실시간 서비스의 지연 및 지연 변이 측면에서 더 나은 성능을 보여 주었다. 이는 NHRP 응용 알고리즘 및 RISP 응용 알고리즘이 QoS와 망 자원 효율화 측면을 종합적으로 고려하지 않고, 종단 호스트간의 Shortcut 경로 설정에서 고속 경로 구성을 목표로 설계한 반면, 제안된 알고

리즘은 QoS 요구수준을 고려하여 각 서비스 유형에 적절한 경로의 생성이 가능하도록 라우팅 알고리즘과 프로토콜을 제한한 때문으로 분석된다.

그러나, WQPOA 라우팅 알고리즘은 구현성 및 기존 라우팅 프로토콜과의 호환성 측면에서 많은 장점이 있으나, 새로운 QPNP 프로토콜의 제안으로 인한 프로토콜 표준화 작업이 반드시 전제되어야 하는 제한이 있다. 향후 공통채널 Shortcut 설정에서 동일 경로 내에 몇 개의 IP 패킷 흐름을 수용할지 여부와 특정 QoS 요구 기준이 없을 경우 어떤 기준에 의해 동일 경로를 이용할지 등에 대한 계속적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] 손승원, 장종수, "ATM 망 환경에서 인터넷 서비스를 위한 최적 라우팅 구조 연구," Proc. COMSW' 98, pp.101-105, 1998. 7.
- [2] 김윤식, 김승훈, 김치하, "초고속 광역망에서 확장 가능한 QoS를 보장하는 경로 설정," 정보과학회 논문지(A), 제 25권 제3호, pp. 278-287, 1998. 3.
- [3] Atsushi Iwata, et al. "ATM Routing Algorithms with Multiple QoS Requirements for Multimedia Interworking," IEICE Trans. Commun., Vol E99-B, No.8, pp. 999-1006, Aug. 1996.
- [4] D. D. Clark, S. Shenker, and L. Zhang, "Supporting real-time applications in an integrated services packet switching," Proc. of ACM SIGCOMM, Computer Communication review 22(4), pp. 14 26, Sep. 1992.
- [5] J. Luciani, et al, "NBMA Next Hop Resolution Protocol," draft-ietf-rolc-nhrp-12.txt, IETF, Oct. 1997.
- [6] J. Ogawa and Y. Chen, "The Receiver-Initiated Shortcut Path Protocol(RISP)," IETF Internet Draft, draft-ogawa-receiver-shortcut-path-00.txt, March. 1997.
- [7] E. Rosen, et al, "A Proposed Architecture for MPLS," draft-ietf-mpls-arch-00.txt, IETF, Aug. 1997.
- [8] Moosick Kang, "An Efficient Dynamic Routing Scheme for Dealy-Bounded Multicasting," 한국통신학회 논문지, Vol. 22/No. 12, pp. 2626-2634, 1997. 12.
- [9] Whay C. Lee, et al. "Routing Subject to Quality of Service Constraints in integrated Communication Networks," IEEE Network, pp. 46-55, Jul/Aug. 1995.
- [10] P. Dumortier, "Shortcut Techniques to Boost Internet Throughput," Alcatel Telecommun. Rev., 4th Qtr., 1997.
- [11] Sales and P. Dumortier, "Dual-Mode Routing in IP over ATM Networs," Proc. SPIE Conf. Broadband Networking Technologies, SPIE vol. 3233, Dallas, TX, Nov. 1997.
- [12] P. Dumortier, "Toward a New IP over ATM Routing Paradigm," IEEE Commun. Mag., Jan. 1998.
- [13] Eric Mannie, "Multiprotocol Over ATM: Models and Comparison," Proc. Belgian ATM Plarform Symposium'97, Brussels, Nov. 1997.
- [14] Callon, Doolan, Feldman, Fredette, Swallow, and Viswanathan, "A Framework for Multiprotocol Label Switching," draft-ietf-mpls-framework-02.txt, Nov. 1997.
- [15] OPNET Modeler, v.4.0, 3MIL, April, 1998.
- [16] Gartner Group Report, "Expected Characteristics of Internet Service," June, 1998.

손 승 원(Sung Won Sohn) 정회원
 현재 한국전자통신연구원 인터넷구조팀장
 한국통신학회 논문지 제22권 제10호 참조

장 종 수(Jong Soo Jang) 정회원
 현재 한국전자통신연구원 인터넷구조팀 선임연구원
 한국통신학회 논문지 제22권 제10호 참조

정 언 서(Yeon Seo Jung) 정회원
 1970년 2월 20일생
 1994.2 청주대학교 전자계산학과 (학사)
 1996.2 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1997.3 - 현재 충북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 <주관심 분야> ATM 통신, 인터넷구조, 서비스 품질 제공기술

오 참 석(Chang Suk Oh) 정회원
 현재 충북대학교 컴퓨터공학과 교수
 한국통신학회 논문지 제21권 제6호 참조