

차세대 인터넷을 위한 QoS 기반 라우팅 알고리즘

손 승 원[†] · 오 창 석^{††}

요 약

인터넷 기반의 정보화사회 건설과 멀티미디어 서비스의 수용 추세에 따라 현재의 인터넷은 차세대인터넷으로의 새로운 변화가 요구된다. 본 논문에서는 차세대인터넷을 실현하기 위한 핵심적인 기술 요소로서 멀티미디어 서비스의 품질을 보장하기 위한 새로운 QoS 기반 라우팅 알고리즘과 경로 설정 중에 QoS 능력 협상을 지원하는 QoS 협상 프로토콜을 제안하고 모의실험을 통하여 제안된 알고리즘을 분석한다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 알고리즘은 사용자의 QoS 요구 수준에 따라 경로를 제공하고 주소 해석시간을 줄일 수 있으며, 네트워크 확장 능력을 보장하는 특성을 가지도록 설계 하였다.

Design of WQPOA Routing Algorithm for Next Generation Internet Services

Sung-Won Sohn[†] · Chang-Suk Oh^{††}

ABSTRACT

At recent, the Internet is 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 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 user's QoS demand and to be applied into wide area networks. In this paper, we presented new routing algorithms for next generation Internet services 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 next Generation Internet Services.

1. 서 론

21세기 정보화 사회로의 급속한 변화에 따라 인터넷이 핵심 정보통신 인프라 기술로 급속히 확산되고 있으며, 인터넷 서비스도 화상 교환, 멀티미디어 통신의 증가에 따라 점차 음성 및 영상 등 스트리밍 서비스를 수용하는 방향으로 발전하고 있다. 그러나, 현재의 인

터넷 망은 망의 구조 및 성능, 서비스 제공 능력과 가입자 접속 속도 등에서 다양한 문제점을 안고 있어서 새로운 정보화 사회에서 요구하는 서비스 욕구와 트래픽 증가에 대응하지 못하고 있다. 또한, 현재의 인터넷 기술은 다양한 인터넷 서비스를 안정적이고 효율적으로 제공하기에는 기능, 효율, 확장성, 유연성, 보안 등 여러 측면에서 그 한계점을 드러내고 있다. 따라서, 인터넷으로의 급속한 패러다임 변화에 효율적으로 대응하기 위해서는 현재 인터넷의 기술적인 문제점을 해결할 수 있는 차세대인터넷 기술에 대한 연구 개발이 요구된다[1].

[†] 정 회 원 : 한국전자통신연구원 인터넷구조 팀장

^{††} 정 회 원 : 충북대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수: 1999년 9월 18일, 심사완료: 1999년 11월 10일

차세대 인터넷은 미국 정부의 NGI(Next Generation Internet) 연구 사업에서 처음 시작하여 지금은 전세계적으로 기술개발이 진행되고 있다. 차세대인터넷의 개념을 살펴보면, 현재 인터넷의 문제를 해결 할 수 있는 새로운 인터넷을 구축하기 위한 고속 대용량의 대화형 멀티미디어 서비스의 사용이 가능한 네트워크, 그리고 IP 망 위의 다중서비스 제공 구조를 의미한다. 차세대인터넷 기술로는 새로운 IP 네트워크의 구조 및 시스템 기술, 서비스 품질, 보안 등의 고성능 네트워킹 기술, 그리고 광 인터넷 관련 WDM 기술 등이 있다. 특히, 스트림형 서비스에서 요구하는 QoS를 보장하기 위한 고속 통신망 구축 기술, QoS 별 경로의 선택을 가능하게 하는 QoS 기반 라우팅 기술에 대한 연구가 중요하다[2, 3].

차세대인터넷에서 요구하는 대역폭 확대를 위해서 IPOA(IP over ATM), IPOS(IP over SDH), IPOW(IP over WDM) 등의 IP 오버레이 구조들이 제안되고 있다. 그러나, 이 구조들은 QoS 보장형 경로를 설정할 때, 다중 경로결정 함수의 사용과 반대한 라우터 수로 인하여 실시간 계산이 불가능한 NP-complete한 문제가 발생한다[4]. 따라서 IP 오버레이 구조에서는 데이터 전달 경로 상에서 최소한의 라우터만 경유하면서 직접적인 ATM 연결을 가능하게 하는 Shortcut 라우팅 방식을 채용하고 있다. 이는 기존 네트워크의 종류와 상관없이 네트워크 계층 패킷을 링크계층에서 직접적으로 포워딩할 수 있게 하는 알고리즘이다.

이러한 Shortcut 알고리즘은 다양한 방법으로 제안되고 있는데, 주소해석 방법에 따라 크게 서버형과 비서버형 알고리즘으로 분류한다. NHRP(Next Hop Resolution Protocol)와 RISP(Receiver-Initiated Shortcut Path Protocol) 등의 서버형 알고리즘은 주소해석서버를 이용하여 목적지 주소 정보를 입수하고, 이를 이용하여 두 지점간을 직접 연결할 ATM 경로를 설정하는 방식을 채택하고 있다. 그러나, 이 알고리즘에서는 발신측 호스트에게 Shortcut 결정 권한이 없어 QoS를 요구하는 모든 IP 패킷 흐름에 대하여 Shortcut을 생성하기 때문에 지나친 경로 증가로 인한 라우팅 테이블의 크기 문제를 야기시켜 망 확장성에 문제가 있다[5-7]. 반면에 MPLS와 같은 비서버형 알고리즘은 주소해석서버 없이 별도의 라벨 분배 프로토콜을 이용하여 Shortcut을 설정하는 방식이다. 그러나, 이 방식도 종단 라우터 간의 직접적인 경로 설정에도 불구하고

통신망 확장과 QoS 별 차등 경로 설정이 어려운 문제를 안고 있다[8].

본 논문에서는 차세대인터넷 환경에서 다양한 인터넷 응용 서비스가 충분한 QoS를 보장 받으면서 제공될 수 있도록, 사용자의 QoS 요구수준에 따라 별도의 경로 제공이 가능하고 광역 망 적용을 위해 네트워크 확장 능력을 보강한 품질순용형의 WQPOA(Wide area Quality-proven Path over ATM) 라우팅 알고리즘을 제안한다. WQPOA 알고리즘은 인터넷과 ATM 망의 QoS 능력을 반영한 서비스 유형에 따라, 높은 QoS를 요구하는 실시간 정보흐름에 대해서는 종단간을 직접 연결하는 QoS 보장형 Shortcut 경로를, 낮은 QoS를 요구하는 정보흐름에 대해서는 홉바이홉 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(Quality-proven Path Negotiation Protocol) 프로토콜을 사용한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 제2장에서는 QoS 제공 능력 측면에서 기존의 주요 라우팅 알고리즘을 상호 분석하고, 제3장에서는 이러한 문제점 해결하기 위한 차세대 경로제어 알고리즘인 WQPOA 라우팅 알고리즘과 QPNP 프로토콜을 설계한다. 이어서 제4장에서는 모의실험을 통하여 제안된 알고리즘을 분석한다.

2. QoS 측면의 라우팅 알고리즘 분석

현재 사용하고 있는 OSPF, RIP, BGP 등의 라우팅 프로토콜은 최선형 서비스만을 지원하는 비연결형 전달 특성을 가진다. 따라서, 동일한 경로를 공유하는 패킷 흐름간의 사소한 변화에도 다른 흐름에 영향을 끼칠 수 있으며, 동일한 흐름에 속한 패킷의 경우에도 망의 상태에 따라 서로 다른 경로로 전달될 수 있다. 이러한 특성은 실시간 QoS를 요구하는 차세대인터넷 환경에는 맞지 않다. 따라서, 이를 개선하기 위해 다양한 QoS 라우팅 알고리즘들이 제안되고 있다. 그러나, 이들 알고리즘도 서로 다른 통신망의 상태와 QoS를 표현하는 경로결정함수의 차이로 인해 최적 경로를 찾는 것이 어렵다는 연구결과가 나오고 있다[2, 9].

2.1 기존 라우팅 알고리즘의 기능 분석

차세대 인터넷에서 요구되는 스트림형 멀티미디어

서비스를 수용하기 위해서는 인터넷 서비스의 다양한 QoS 요구를 수용할 수 있는 새로운 라우팅 알고리즘이 필요하다. Shortcut 알고리즘은 이러한 필요에 의해 제안된 것으로서, IP 패킷을 하부구조에 상관없이 링크 계층에서 직접 포워딩할 수 있도록 포워딩 바이패스 경로를 설정하기 위한 최적화 방법이다. 따라서, ATM 망에 적용하여 두 노드간의 직접적인 연결을 제공할 수 있다. Shortcut 경로는 IP 데이터그램을 중간 라우터에 의한 처리 없이 원격 라우터에 직접 전달하기 때문에 단위 시간당 정보 처리용량을 증가 시킬 수 있고, ATM 망을 통한 경로의 최적화를 이룰 수 있다 [10-12].

현재 ATM 망에 적용할 목적으로 제안된 Shortcut 라우팅 알고리즘들은 IP Cut Through 경로와 ATM Shortcut 경로 설정을 지원하고 있다. IP Cut Through 경로는 계층 2차원에서 고속으로 패킷을 처리하는 노드 차원의 Shortcut 알고리즘을 통하여 설정되는 반면 ATM Shortcut 경로는 라우터를 최대한 배제하여 입출력 호스트간 혹은 입출력 라우터간을 직접 연결하도록 지원하는 네트워크 차원의 Shortcut 알고리즘을 통하여 설정된다.

Shortcut 알고리즘은 통합 망 구조 및 주소 해석방법에 따라 서버형 알고리즘과 비서버형 알고리즘으로 분류할 수 있다. 서버형 알고리즘은 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 라우팅 프로토콜들을 그대로 사용할 수 있고, 필요에 따라 네트워크 레벨에서 대체 경로를 자유롭게 변경할 수 있는 특징을 가진다.

이러한, 서버형 알고리즘에는 전통적인 IPOA 모델의 ATMARP 서버와 MPOA 서버, 다자간 서비스 모델의 MARS 서버, NHS 서버, 그리고 MPOA 모델의 MPS 서버 등이 해당된다. NHRP 응용 알고리즘은 서브네트 간의 주소해석 정보 교환을 위해 NHS 서버와 NHRP 프로토콜을 사용한다. NHRP는 목적지 호스트로 향하는 다음 홉의 ATM 주소를 결정하기 위하여 발신지 호스트에 의해 사용된다. NHRP 알고리즘에서는 NHRP 질문 메시지에 의해 주소 변환이 이루어짐과 동시에 정상적인 포워딩 경로를 통하지 않고 ATM SVC로 설정된 Shortcut을 따라 목적지로 직접 연결한다.

MPOA 방식은 LANE 환경에서 서브네트간의 유니캐스트 데이터를 효율적으로 전달하는 위해 제안된 기법으로서, 라우터 없이도 서브네트간 IP 계층 프로토콜 통신을 가능하게 할 목적으로 제안되었다. MPOA는 클라이언트/서버 구조를 기반으로 하며, MPOA 클라이언트(MPC)는 다른 서브네트에 위치한 호스트의 IP 주소를 ATM 주소로 변환하기 위하여 MPOA 서버(MPS)를 사용하며, NHRP와 동일한 방법으로 Shortcut을 제공한다[13].

RISP 응용 알고리즘에서는 서브네트 간의 주소 해석 정보 교환을 위해 ATMARP 서버와 NHRP 프로토콜의 메시지를 일부 사용한다. 이 알고리즘에서는 NHS 서버 대신에 ATMARP 서버를 사용하고 Shortcut 설정의 주도권도 수신자가 가지는 착신자 요구형 Shortcut 라우팅 알고리즘이다. 따라서 Shortcut 설정 대기 시간을 NHRP 알고리즘에 비해 50% 가까이 줄일 수 있다. 그리고 목적지 호스트가 Shortcut 설정 거부 권한을 가지고 있으므로 목적지 호스트가 이동하는 이동통신 응용에 적합한 알고리즘이다.

비서버형 알고리즘은 IP Cut Through 방식을 사용하여 ATM 스위치와 IP 라우터가 동일한 시스템에 구현되기 때문에 별도의 ATM/IP 간 주소 변환 기능이 필요 없다. 따라서 Shortcut은 라우터를 통과하나, 계층 3 레벨의 IP 계층 처리를 생략하고 계층 2 레벨의 고속 스위칭을 이용하는 형태이다. 이로 인해 IP 계층 기능 처리가 에지 라우터에 집중되는 문제가 있다.

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 있다[14].

2.2 QoS 보장 측면의 문제점 분석

비서버형 알고리즘은 ATM 스위치를 기반으로 계층

3 라우팅 기능을 통합하는 형태를 취하고 있어서 IP 기반 멀티미디어 서비스와 같이 높은 QoS를 요구하는 서비스 제공에 장점이 있으나, 별도의 라벨 분배 프로토콜을 사용하고 있어서 기존 IP 라우터와의 호환성에 적지 않은 문제점을 가지고 있다. 또한, Shortcut 설정에도 불구하고 예지 라우터에는 라우팅 부하와 테이블 크기의 한계가 여전히 남아 있어서 네트워크 확장에 문제가 있다. 이외에도 비서버형 알고리즘을 채용하지 않는 망과의 연동 문제, 망 체증이 일어날 경우 라벨의 변환이 용이하지 않다는 문제, 서비스 등급에 따른 정교한 경로 관리가 쉽지 않다는 등의 문제가 있다.

반면 서버형 알고리즘은 종단 사용자간을 직접 연결함으로써 라우터의 경로 계산 및 프로토콜 처리 부담을 줄일 수 있고, 서브네트 라우팅 오버헤드를 해결할 수 있을 뿐 만 아니라 가상 연결의 수를 줄이는 효과가 있다. 그러나, 서브네트 간의 주소 해석을 위해 도입한 NHRP 프로토콜로 말미암아 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. 또한, 발신측 호스트에게 Shortcut 설정 판단 권한이 없어, 모든 IP 패킷 흐름에 대해 경로를 생성하기 때문에 경로 수가 지나치게 증가하여 네트워크 자원이 낭비되는 문제가 있다. 또한, 주소 해석과 Shortcut 설정이 완료될 때 까지는 데이터 패킷의 전송이 불가능하므로 서비스 대기시간이 지나치게 크다.

이와 같이 종래의 서버형 알고리즘은 서비스 대기시간 과다, QoS 별 경로 설정 능력의 취약, 라우터의 처리능력 제약, 네트워크 자원의 낭비로 인한 망 확장의 어려움 그리고 대체 경로설정 능력 미비 등 많은 문제가 상존하고 있어서 차세대인터넷에서 요구하는 광역 망 적용성, 망의 안정성, 망 자원의 효율성, QoS 보장성 그리고 서비스의 즉시성 등에서 취약점이 있다.

따라서, 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 기반 라우팅 알고리즘의 요구사항을 요약하면 다음과 같다.

- 서비스 즉시성: 서비스 대기시간이 줄이기 위해, 주소해석 완료 전에 패킷 전송이 가능한 전달 메커니즘이 필요
- QoS 보장성: QoS 별 경로 설정 능력의 취약 및 응용서비스 QoS와 네트워크 COS간 매핑을 위해, 인터넷 서비스를 트래픽 특성에 따라 재분류할 필요가 있으며, 분류된 서비스에 따라 동작하는 차등 Shortcut 설정 메커니즘이 필요
- 망 자원 효율성: 라우터의 처리능력 확장 및 NHS 저장정보의 불일치 문제를 해결하기 위해, 라우터 처리 능력의 분산을 통한 부하 저감방안 필요
- 광역 망 적용성: 라우팅 테이블 크기 제한 문제와 네트워크 자원의 낭비로 인한 망 확장 제약 문제를 해결하기 위해, 종단 사용자간의 Shortcut 설정을 통한 가상연결 수의 절감과 동일 트래픽 특성을 갖는 서비스간의 공통 Shortcut 이용 촉진 등이 필요
- 망 안정성: 장애 발생시 대체 경로 설정 능력을 부여하기 위해, 호스트 및 라우터에 Shortcut 설정 판단 능력을 부여

3. QoS 기반의 라우팅 알고리즘 설계

본 장에서는 차세대인터넷 환경에서 인터넷 사용자간의 QoS 요구수준에 따라 차별적인 경로 설정이 가능하게 하는 새로운 라우팅 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 차세대인터넷에서 요구하는 새로운 서비스 분류법을 정의하고, 광역 망 적용성, QoS 보장성 그리고 서비스 대기시간 개선에 초점을 맞춘 QoS 기반 WQPOA 알고리즘과 경로제어 프로토콜인 QPNP 프로토콜을 설계한다.

3.1 설계 개념

3.1.1 서비스의 새로운 분류

QoS 기반의 라우팅 알고리즘의 설계를 위해서는 QoS 특성에 따라 경로를 다르게 배정할 수 있도록 차세대인터넷 서비스를 트래픽 유형에 따라 분류하는 것이 필요하다. 이를 위해 먼저 차세대인터넷 서비스를 시간민감형 QoS를 요구하는 실시간 서비스와 그렇지 않은 최선형 서비스로 분류한다. 최선형 서비스의 경우, 다시 트래픽 특성에 따라 버스트한 특성을 갖는 장수 트래픽 서비스와 그렇지 않은 단명 최선형 서비스로 재분류한다. 이는 트래픽이 버스트한 경우, 패킷

의 길이가 상대적으로 길어져서 라우터에 미치는 부하가 크고 서비스 시간이 많이 소요된다는 점에서 짧은 패킷 길이를 갖는 트래픽과는 다른 메커니즘으로 라우팅을 하는 것이 유리하기 때문이다.

- 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 서비스

$$\text{패킷 길이} > L_{tv} \text{ (임계치)}$$

- 단명 최선형 서비스: TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽으로 패킷 길이가 다음 조건을 만족하는 최선형 서비스

$$\text{패킷 길이} < L_{tv} \text{ (임계치)}$$

3.1.2 QoS 기반 라우팅 알고리즘 설계 개념

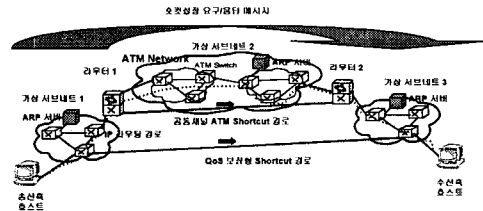
본 논문에서 설계할 QoS 기반 라우팅 알고리즘은 서비스품질 요구에 순응할 수 있도록 중단 사용자간을 직접 ATM 연결로 접속하는 Shortcut 라우팅 방식을 도입한다. 이는 기존 알고리즘에서 이미 채택했던, 높은 QoS를 요구하는 IP 패킷 흐름에 대해 중단간 Shortcut을 설정하는 개념과 같으나, 낮은 QoS를 요구하는 흐름에 대해 QoS 요구수준에 따라 경로 설정 방법을 다르게 함으로써 QoS 보장 능력과 네트워크 자원 활용도의 개선을 동시에 가능하도록 한다. 특히, 서비스 대기시간을 단축할 수 있도록 주소해석 중에도 패킷을 바로 전송할 수 있도록 설계한다.

제안하는 QoS 기반 라우팅 알고리즘은 앞에서 분류한 서비스 유형에 따라, 홉바이홉 형태로 QoS별 최선 경로를 사용하는 QoS 기반 홉바이홉 라우팅 방식과, 버스트한 트래픽에 대해 Shortcut을 공동으로 사용하여 전송하는 공통 채널 Shortcut 방식, 그리고 실시간 트래픽에 대해 중단간을 직접 연결하는 ATM Shortcut을 사용하는 QoS 보장형 Shortcut 라우팅 방식으로 구성된다.

- QoS 보장형 Shortcut 라우팅 방식: RTP/UDP 프로토콜에서 입력한 트래픽에 대하여, 송신 호스트와 수신 호스트간에 IP 패킷 흐름 당 한 개 씩의 QoS 보장형 Shortcut 경로를 설정

- QoS 기반 홉바이홉 라우팅 방식: TCP 프로토콜에서 입력한 단명 최선형 서비스에 대해, 입력 트래픽의 길이를 계속적으로 관찰하면서 입력 패킷의 길이가 일정 임계치(L_{tv})를 넘지 않는 경우, 라우팅 프로토콜을 사용하여 홉바이홉 방식으로 전송
- 공통 채널 Shortcut 방식: TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽 중에서 패킷의 길이가 일정 임계치(L_{tv}) 이상인 경우 장수 트래픽 서비스로 결정하고, 입출력 라우터 쌍마다 공통채널 Shortcut 경로를 한 개씩 설정

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



(그림 1) QoS 기반 라우팅 알고리즘을 적용한 차세대 통신망 구조

3.2 WQPOA 라우팅 알고리즘 설계

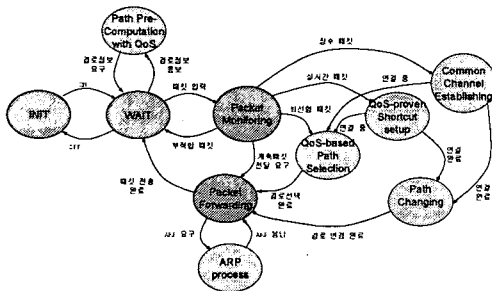
WQPOA 라우팅 알고리즘은 종래의 서버형 알고리즘의 문제점을 개선할 수 있도록 새로운 경로 배정 메커니즘에 따라 설계된다. 이 메커니즘에서는 입력되는 트래픽의 계속적인 모니터링을 통하여 트래픽 유형을 인지하고, 이를 이용하여 사용자 트래픽의 QoS 요구조건에 맞도록 경로를 자동 생성함으로써, 서비스별 QoS 제공 능력이 개선되도록 한다. 또한, NHS 서버간의 라우팅 정보의 비일치 문제를 해결하기 위해 NHS 서버 대신, ARP 서버를 이용하는 홉바이홉 처리 방식을 채택한다. 이로 인한 서비스 대기시간의 증가 문제는 홉바이홉 패킷 전송과 동시에 Shortcut 설정 요청을 할 수 있도록 설계함으로써 해결한다. 또한, 매 패킷 흐름별 독립적인 Shortcut 생성으로 인한 통신망의 확장성 제한 문제를 해결하기 위해, QoS 요구가 유사한 패킷 흐름에 대하여 Shortcut을 함께 이용할 수 있도록 공통채널 개념을 도입하였다. 이러한 메커니즘의 자유로

운 선택을 위해 새로운 QoS 협상 프로토콜을 설계하여 사전에 Shortcut 설정 여부를 협상할 수 있도록 한다.

3.2.1 알고리즘의 동작 원리

상기한 기준에 따라 설계된 WQPOA 알고리즘의 동작 상태를 단계별로 정리하면 (그림 2)와 같다.

- 대기 단계: 알고리즘의 기본 동작상태로써, 기존 라우팅 프로토콜과 링크 상태정보 및 QoS 파라미터를 이용하여 기본 경로 및 QoS별 경로를 선택하고, 송신 호스트와 ARP 서버 간 또는 기본 라우터 간의 영구가상 채널을 생성한다.
- 패킷분석 단계: IP 패킷 전송 요구가 있는 경우, 입력 패킷의 헤더를 분석하여 라우팅 테이블 및 ARP 캐시에 해당 정보가 있으면 ARP 단계로 이동하고, 아니면 QoS 경로설정 단계로 이동한다. IP 패킷 전송 요구가 없는 경우에는 패킷분석 단계를 반복적으로 수행한다.
- QoS 경로설정 단계: 입력 트래픽이 실시간 트래픽이면 QoS 보장형 Shortcut 설정을 요구한 후에 경로변경 단계로 이동하고, 아니면 공통채널설정 단계로 이동한다.
- 경로변경 단계: Shortcut 설정이 완료되면 라우팅 테이블 및 ATM 채널 테이블에 해당 주소정보를 반영한 후 ARP 단계로 이동한다.
- 공통채널설정 단계: 입력 트래픽이 장수 트래픽이면 입력 라우터에 공통채널 Shortcut 설정을 요구한 후 경로변경 단계로 이동하고, 아닐 경우 ARP 단계로 이동한다.
- ARP 단계: 선택한 경로 정보를 이용하여 필요한 경우, ARP 주소 해석 과정을 거쳐 IP 주소와 ATM 주소를 매핑한다.

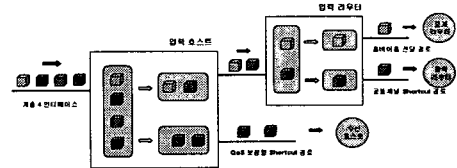


(그림 2) WQPOA 알고리즘의 상태 천이도

- 패킷포워딩 단계: 패킷을 해당 경로에 매핑된 ATM 채널을 통하여 포워딩한 후 패킷분석 단계로 이동한다.

WQPOA 알고리즘은 (그림 3)과 같이 입력 호스트와 입력 라우터로 나누어, 입력 트래픽의 종류 및 네트워크의 상태에 따라 QoS 보장형 Shortcut 라우팅 알고리즘, 공통 채널 Shortcut 라우팅 알고리즘, QoS 기반 홈바이홈 라우팅 알고리즘, 그리고 경로재설정 라우팅 알고리즘 등 네 가지 알고리즘으로 구현된다.

전달할 패킷이 있는 경우, 송신 호스트는 이를 QoS 보장형 Shortcut 요구형 트래픽과 그렇지 않은 트래픽으로 분류한다. 실시간 QoS 요구형 트래픽인 경우, 송신 호스트는 QoS 보장형 Shortcut 라우팅 알고리즘을 통하여 서비스를 제공한다. 그렇지 않은 트래픽일 경우, 디폴트 경로를 통하여 입력 라우터로 송신한다. 입력 라우터는 트래픽을 다시 홈바이홈 경로 요구형 트래픽과 공통채널 Shortcut 요구형 트래픽으로 분류하고, 공통채널 Shortcut 요구형 트래픽에 대해서는 공통 채널 Shortcut 라우팅 알고리즘을, 홈바이홈 경로 요구형 트래픽에 대해서는 QoS 기반 홈바이홈 라우팅 알고리즘을 사용하여 서비스를 제공한다.

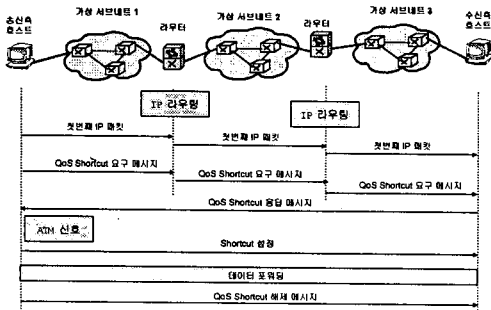


(그림 3) WQPOA 모델의 동작 원리

3.2.2 트래픽 유형별 동작 절차

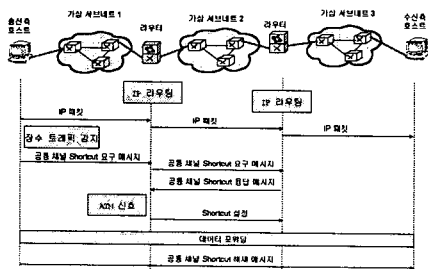
WQPOA 알고리즘은 실시간 정보흐름, 장수 트래픽 정보흐름, 단명 최선형 정보흐름, 그리고 경로 재설정 정보흐름 등 4가지 트래픽 유형을 지원한다. 각 유형별 동작 절차를 정리하면 다음과 같다.

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



(그림 4) QoS 보장형 Shortcut 라우팅 알고리즘의 메시지 흐름

- 장수 트래픽 정보흐름: 공통 채널 Shortcut 라우팅 알고리즘은 장수 트래픽 서비스를 지원하며 (그림 5)와 같은 메시지 흐름에 따라 경로 배정 기능을 수행한다. 본 알고리즘은 중간 라우터를 경유하지 않고 발신측 디폴트 라우터인 입력 라우터와 착신측 디폴트 라우터인 출력 라우터 사이에 공통채널 Shortcut을 생성하는 역할을 수행한다. 따라서 발신측 서브네트와 착신측 서브네트가 일치하는 모든 패킷 흐름에 대해서 공통채널을 통한 Shortcut 공유가 가능하다.



(그림 5) 공통 채널 Shortcut 라우팅 알고리즘의 메시지 흐름

- 단명 최선형 정보흐름: QoS 기반 홉바이홉 라우팅 알고리즘은 단명 최선형 서비스를 위한 라우팅 알고리즘으로써, 사전 경로 계산 절차와 ARP 서버와 디폴트 라우터를 이용하는 홉바이홉 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 경로를 계산한다. 사전 경로 계산을 통해 선택된 경로

정보를 이용한 홉바이홉 경로 제어 절차는 ARP 서버를 이용하여 주소해석 기능을 수행한 후, 홉바이홉 방식으로 목적지에 도달하는 전과정을 제어한다.

- 경로 재설정 정보흐름: 경로 재설정 절차는 Shortcut 또는 홉바이홉 경로를 통하여 인터넷 트래픽을 전달하는 도중, 네트워크 차원의 고장이나 라우터의 과부하로 인하여 호/연결의 차단이 발생할 경우 경로의 재설정을 담당한다. 만약 데이터 전달 중에 네트워크에서 고장이 발생하면 고장을 인지한 라우터에서 송신 호스트로 경로 재설정 요구 메시지를 송신한다. 이때 송신 호스트는 해당 경로를 통한 데이터 전달을 포기하고 홉바이홉 방식으로 데이터를 중단없이 전달한다. 그러나, 재설정된 경로는 원래 사용자와 합의한 QoS를 준수하지 못하고 데이터 전달의 연속성만을 보장한다.

3.3 QPNP 프로토콜 설계

QPNP 프로토콜은 WQPOA 라우팅 알고리즘의 동작에서 QoS 보장형 Shortcut 설정/해제 절차, 공통채널 Shortcut 설정/해제 절차, 경로 재설정 절차, 오류통보 절차 등에 사용된다. QPNP 프로토콜은 IP 패킷에 포함되어 일반 사용자 호스트와 입력 라우터, 출력 라우터 또는 중간 라우터 사이의 통신에 사용된다.

따라서, QPNP 프로토콜은 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 프로토콜과 구분하기 위하여 IP 헤더에 있는 프로토콜 구별자 필드(PI)를 특정 값으로 정의한다. ICMP 프로토콜의 경우 PI = 01, OSPF 경우 PI = 22 그리고 RIP의 경우 PI = 4로 구분되며 QPNP 프로토콜의 경우 PI = 05의 값을 갖는 것으로 정의한다.

3.3.1 QPNP 메시지

QPNP 프로토콜은 QoS 보장형 Shortcut 설정/해제, 공통채널 Shortcut 설정/해제, 에러 상태 전달 그리고 경로 재설정 요구 기능을 담당하며 QPNP 프로토콜 엔티티 간의 정보 전달을 위해 다음과 같이 8가지 메시지가 사용된다. QoS 보장형 Shortcut과 관련해서는 QPNP Resolution Request/Reply, QPNP Release Request, QPNP ReRoute Request/Reply, QPNP Error Indication 등 6개의 메시지가 사용되며, 공통채널 Short-

cut과 관련해서는 QPNP CommonChannel Request/Reply, QPNP Release Request, QPNP ReRoute Request/Reply, QPNP Error Indication 등 6가지 메시지가 사용된다.

- QPNP Resolution Request : 중단 호스트간의 QoS 보장형 Shortcut 설정 요청 메시지
- QPNP Resolution Reply : 중단 호스트간의 QoS 보장형 Shortcut 설정 응답 메시지
- QPNP CommonChannel Request : 입출력 라우터간의 공통채널 Shortcut 설정 요청 메시지
- QPNP CommonChannel Reply : 입출력 라우터간의 공통채널 Shortcut 설정 응답 메시지
- QPNP Release Request : QoS 보장형 또는 공통채널 Shortcut 해제 요청 메시지
- QPNP ReRoute Request : 장애 발생시 경로 재설정 요청 메시지
- QPNP ReRoute Reply : 장애 발생시 경로 재설정 응답 메시지
- QPNP Error Indication : 네트워크 자원의 부족, 노드 프로세싱 능력의 과부하 등으로 Shortcut 설정이 불가능할 경우에 사용하는 메시지

3.3.2 프로토콜 프레임 구조

QPNP 프로토콜은 IP 데이터그램의 페이로드에 메시지를 담는다. QPNP 프로토콜의 프레임은 크게 QPNP 헤더와 QPNP 객체로 구성된다. QPNP 헤더는 다음의 8가지 영역으로 구성된다.

- 버전 영역 : QPNP 프로토콜의 버전 번호를 표현
- 메시지 유형 영역 : 메시지의 유형을 명시
- 체크섬 영역 : 표준 TCP/IP 프로토콜의 1의 보수 체크섬을 전체 메시지에 대하여 적용한 값
- 메시지길이 영역 : 메시지 길이 정보를 포함
- 예비영역 : 미래의 확장을 위한 것으로 현재는 어떤 값도 정의하지 않음
- 발신지 영역 : 메시지를 생성한 곳이 발신지 또는 착신지 인지를 구별하는데 사용
- 프래그먼트 읍셋 영역 : 현재의 프래그먼트가 원래 메시지에서 어느 위치에 있는가를 알려주는 역할을 하며, 읍셋 값이 0이면 원래 메시지의 처음을 지칭

QPNP 메시지는 메시지 유형에 따라 본체의 구성이

달라진다. 요청 메시지는 QPNP 헤더에 이어서, 목적지 주소와 목적지 포트를 표현하는 목적지 객체, 메시지를 발신하거나 포워딩한 홉에 대한 정보를 포함하는 이전 홉 객체, 해당 메시지를 최초로 발신한 호스트 또는 라우터의 주소 정보를 포함하는 최초 발신지 객체, Shortcut을 요청하는 영역에 대한 정보를 포함하는 Shortcut 구성 영역 객체 그리고 요구 대역폭, 트래픽 유형, QoS 기준 등 QoS 협상을 위한 정보를 포함하는 QoS 파라미터 객체 등 5가지의 객체들이 포함된다.

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

4. 실험 및 고찰

차세대인터넷 환경에서 WQPOA 라우팅 알고리즘의 서비스 품질별 경로제어 능력 검증을 위해, 서비스 대기시간 및 QoS 보장 능력 그리고 확장성 제공 능력 측면에서 기존에 제시된 IPOA 응용 알고리즘, NHRP 응용 알고리즘, RISP 응용 알고리즘 등 세 가지 서버형 라우팅 기법을 선택하여 성능을 비교 분석한다.

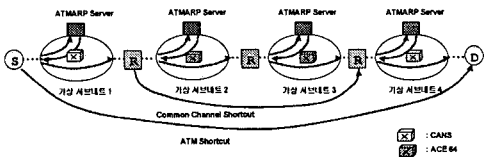
4.1 시뮬레이션 환경

성능 평가를 위해 시뮬레이션을 이용한 방법을 사용하며, 시뮬레이션 시스템은 Ultra Sparc 워크스테이션의 Solaris 2.5 상에서 OPNET Modeler를 사용하며, 인가할 데이터 유형과 알고리즘은 C 언어를 사용하여 구성하였다. 시뮬레이션에 인가할 차세대인터넷 서비스로는 가트너 그룹의 2002년 예상 서비스 특성에 나타난 검색형 서비스, 양방향 교신성 서비스, 그리고 단방향 교신성 서비스 중에서 전자도서관, 전자민원 그리고 VOD 서비스를 대표적인 응용 서비스 모델로 선택하였다. 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.

4.1.1 시뮬레이션 구성

시뮬레이션을 위한 차세대인터넷 망의 구성은 다음

(그림 6)과 같다. 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 6) 시뮬레이션용 차세대인터넷 구성

다음은 상기한 망 구조에서 시뮬레이션에 적용할 기본적인 가정을 정리한 것이다.

- 각 서브네트는 하나의 ATM 스위치와 ATMARP 서버로 구성
- NHRP 응용 알고리즘에서는 ATMARP 서버가 NHS 서버기능을 수행
- 총 트래픽에서 80%는 외부 트래픽이고 20%는 내부 트래픽인 것으로 가정
- 광 링크는 155 Mbps의 속도로 동작하며 전파지연은 무시
- ATM 링크 연결을 수립하기 위해 요구되는 신호처리 시간은 무시
- 캐시의 초기 특성은 50%로 가정

4.1.2 시뮬레이션 조건

시뮬레이션의 입력변수는 시뮬레이션 수행시간(3000초)과 시뮬레이션 대상에 따라 사용자가 정의하는 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 서브네트의 수에 따라 2, 3, 5, 7, 10홉 등 5종류의 망 고려

- ③ 캐시 성공 비율은 IP주소나 ATM주소를 록업 테이블에서 찾을 비율로 표시. 테이블에 없는 경우(0%), 일반적인 망 상태인 경우(50%), 항상 테이블에서 찾을 수 있는 경우(100%)를 고려

④ 트래픽 유형에 따른 발생률과 특성은 네 종류의 인터넷 서비스 트래픽을 고려함

- 트래픽유형 1 (검색형 서비스): 100KByte 길이, 8Mbps 대역폭의 전자도서관 서비스
- 트래픽유형 2 (양방향 교신성서비스): 1Mbyte 길이, 8Mbps 대역폭의 전자민원 서비스
- 트래픽유형 3 (단방향 검색형서비스): 100 Mbyte 길이, 4 Mbps 대역폭의 VOD 서비스
- 혼합 트래픽 : 트래픽 유형 1 : 트래픽 유형 2 : 트래픽 유형 3 = 40 : 20 : 40

⑤ 시스템 서비스 시간은 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)

4.2 해석적 모델 분석

본 절에서는 제안된 라우팅 알고리즘과 기존의 알고리즘간의 비교 평가에 앞서 시뮬레이션 결과를 검증하기 위해 수학적인 모델을 사용하여 수식적으로 분석한다. 시뮬레이션에 사용된 차세대인터넷 망 구조를 대상으로 각 시스템에서의 대기지연이 없는 트래픽 조건 하에서 서비스 대기시간과 사용되는 라우팅 알고리즘에 따른 메시지 경로를 고려한다. 서비스 대기시간은 사용자가 서비스를 요청한 후, 주소 해석과 연결 설정이 끝나고 첫 번째 데이터 패킷을 송신할 때 까지 걸리는 시간으로 정의된다.

Shortcut 설정 지연시간과 첫번째 데이터 도착지연 시간, 데이터 전달 지연시간 등은 다음과 같은 입력 데이터를 사용하여 계산할 수 있다.

- h : 광역 ATM 망의 서브네트의 수
- $\tau_{host, i}$: 서브네트 i 의 호스트단말 서비스시간
- $\tau_{cans_ace64, i}$: 서브네트 i 의 ATM 스위치 서비스 시간
- $\tau_{nhs, i}$: 서브네트 i 의 ATMARP/NHS 서버 서비스 시간
- $\tau_{alan, i}$: 서브네트 i 의 라우터 서비스시간
- P_{arp_cache} : 호스트단말과 라우터의 IP 주소 캐시확률

$$P_{arp_cache}^* = 1 - P_{arp_cach}$$

P_{atm_cache} : 호스트 단말과 NHS 서버의 ATM 주소 캐시 확률

$$P'_{atm_cache} = 1 - P_{atm_cache}$$

4.2.1 Shortcut 설정 지연시간

WQPOA 알고리즘은 트래픽 종류에 따라 다른 경로를 설정하게 되나, 기존의 제안된 라우팅 알고리즘은 트래픽 유형에 관계없이 동일하다. WQPOA 알고리즘에서 트래픽 유형 1인 경우에는 IPOA에 의한 경로를 따라 홑바이홑 방식으로 메시지를 전달하고, 트래픽 유형 2인 경우에는 입력 및 출력 라우터에 공동채널 Shortcut을 먼저 설정하고 메시지를 전달하게 되며, 트래픽 유형 3인 경우에는 발/착신 호스트끼리 QoS 보장형 Shortcut을 설정하여 메시지를 전달하게 된다.

각 경로설정 알고리즘에 따른 QoS 보장형 ATM Shortcut 설정 지연시간(SNHRP, SRISP, SWQPOA, 3, CWQPOA, 2)은 다음과 같다.

$$S_{SNRP} = \tau_{host,1} + \tau_{host,h} + P_{atm_cache} * \tau_{host,1} + P'_{atm_cache} * P_{atm_cache} * (2\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1}) + (P'_{atm_cache})^2 * P_{atm_cache} * (2\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \tau_{atn,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + 2\tau_{atn,1} + 2\tau_{conn_acc64,2} + \tau_{atn,2}) + \dots + (P'_{atm_cache})^{h-1} * P_{atm_cache} * \left(2\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \sum_{i=1}^{h-1} (\tau_{atn,i} + 2\tau_{conn_acc64,i} + 2\tau_{atn,i} + 2\tau_{conn_acc64,i} + \tau_{atn,i}) \right) + (P'_{atm_cache})^h * \left(2\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \sum_{i=1}^h (\tau_{atn,i} + 2\tau_{conn_acc64,i} + 2\tau_{atn,i} + 2\tau_{conn_acc64,i} + \tau_{atn,i}) \right)$$

$$S_{SRISP} = \tau_{host,1} + \tau_{host,h} + \tau_{host,1} + \tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \tau_{conn_acc64,2} + \dots + \tau_{atn,h-1} + \tau_{conn_acc64,h} + \tau_{host,h} + \tau_{host,1} + P'_{arp_cache} * (\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1}) + \sum_{i=1}^{h-1} P'_{arp_cache} * (\tau_{atn,i} + 2\tau_{conn_acc64,i+1} + \tau_{atn,i+1})$$

$$S_{WQPOA,3} = \tau_{host,1} + \tau_{host,h} + P_{atm_cache} * \tau_{host,1} + P'_{atm_cache} \left[\begin{array}{l} \tau_{host,1} + \tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \tau_{conn_acc64,2} + \dots + \tau_{atn,h-1} + \tau_{conn_acc64,h} + \tau_{host,h} + \tau_{host,1} \\ + P'_{arp_cache} * (\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1}) \\ + \sum_{i=1}^{h-1} P'_{arp_cache} * (\tau_{atn,i} + 2\tau_{conn_acc64,i+1} + \tau_{atn,i+1}) \end{array} \right]$$

$$C_{WQPOA,2} = \tau_{host,1} + \tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + P'_{arp_cache} * (\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1}) + \tau_{atn,h-1} + \tau_{atn,1} + \tau_{conn_acc64,1} + \tau_{host,1} + P'_{arp_cache} \left[\begin{array}{l} \tau_{conn_acc64,2} + \tau_{atn,3} + \dots + \tau_{atn,h-1} + \tau_{atn,1} \\ + P'_{arp_cache} * (\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1}) \\ + \sum_{i=1}^{h-2} P'_{arp_cache} * (\tau_{atn,i} + 2\tau_{conn_acc64,i+1} + \tau_{atn,i+1}) \end{array} \right]$$

4.2.2 첫번째 데이터 도착 지연 시간

네 가지 라우팅 알고리즘과 트래픽 유형 t ($t=1, 2, 3$)에 따라 Shortcut을 설정하고 나서 첫 번째 데이터가 도착할 때까지의 지연시간(FIPOA, FNHRP, FRISP, FWQPOA, t)은 다음과 같다.

$$F_{FIPOA} = \tau_{host,1} + \tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \tau_{conn_acc64,2} + \dots + \tau_{atn,h-1} + \tau_{conn_acc64,h} + \tau_{host,h} + \sum_{i=1}^{h-1} P'_{arp_cache} * (\tau_{host,1} + 2\tau_{conn_acc64,i+1} + \tau_{atn,i+1})$$

$$F_{FNHRP} = S_{SNRP} + \tau_{host,h}$$

$$F_{FRISP} = S_{SRISP} + \tau_{host,h}$$

$$F_{FWQPOA,1} = F_{FIPOA}$$

$$F_{FWQPOA,2} = C_{WQPOA,2}$$

$$F_{FWQPOA,3} = S_{WQPOA,3}$$

4.2.3 데이터 전달 지연 시간

네 가지 라우팅 알고리즘과 트래픽 유형 t ($t=1, 2, 3$)에 따른 데이터 전달 지연시간(DIPOA, DNHRP, DRISP, DWQPOA, t)은 다음과 같다.

4.3 실험 결과 분석

제안된 WQPOA 알고리즘을 서비스 대기시간, QoS 보장 능력 및 확장성 제공 능력 측면에서 시뮬레이션 한 결과를 비교 분석한다.

$$D_{FIPOA} = \tau_{host,1} + \tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \tau_{conn_acc64,2} + \dots + \tau_{atn,h-1} + \tau_{conn_acc64,h} + \tau_{host,h}$$

$$D_{FNHRP} = \tau_{host,1} + \tau_{host,h}$$

$$D_{FRISP} = D_{FNHRP}$$

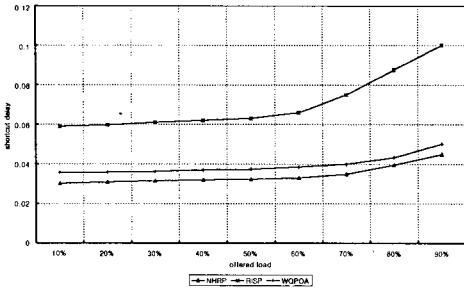
$$D_{FWQPOA,1} = D_{FIPOA}$$

$$D_{FWQPOA,2} = \tau_{host,1} + \tau_{conn_acc64,1} + \tau_{atn,1} + \tau_{atn,h-1} + \tau_{conn_acc64,h} + \tau_{host,h}$$

$$D_{FWQPOA,3} = D_{SNRP}$$

4.3.1 서비스 대기시간

주소해석 서버에 정보가 50% 캐시되어 있는 경우, 서비스 대기시간을 인가된 트래픽의 함수로 비교 한 결과는 (그림 7)과 같다. 여기서 RISP 알고리즘이 가장 긴 서비스 대기시간을 보였고 그 다음이 WQPOA 알고리즘이었으며, NHRP 알고리즘이 가장 짧은 서비스 대기시간을 보였다. 당초 가장 우수한 서비스 대기시간을 기대했던 RISP 알고리즘이 긴 대기시간을 보인 이유는 다른 알고리즘과는 달리 ATMARP 서버를 사용하고 서브네트 외부 트래픽 비율을 80%로 가정했기 때문인 것으로 해석된다. IPOA 알고리즘의 경우, 홑바이홑 형태의 전달방식으로 인해 서비스 대기시간이 다른 알고리즘보다 5배 이상 많으므로 비교 대상에서 제외하였다.

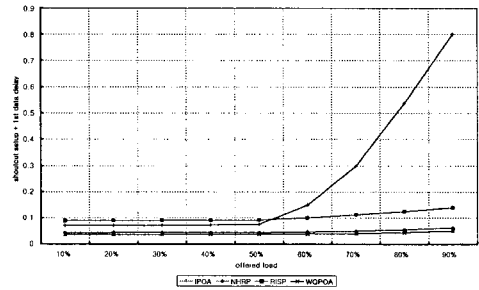


(그림 7) 모델별 Shortcut 설정 시간

(그림 8)은 혼합 트래픽 유형이 입력 트래픽으로 인가되고 캐시 비율이 50%, 홉 수가 5일 때, 인가된 트래픽 부하량에 대한 각 라우팅 알고리즘의 첫 번째 데이터 도착 지연시간을 보여준다.

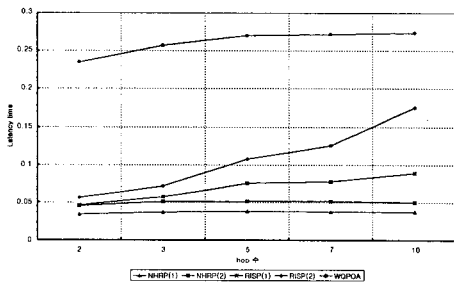
QoS를 전혀 고려하지 않은 IPOA 알고리즘은 인가된 부하가 50%까지는 비교적 작은 지연을 보여주고 있으나, 부하가 60%일 때부터는 지연시간이 급격히 증가함을 알 수 있다. NHRP와 WQPOA 알고리즘은 대체로 부하변동에 민감하지 않는 비슷한 특성을 보여주고 있으며 RISP 알고리즘은 이들 방식에 비해 약 2배

의 전달 지연시간이 소요됨을 알 수 있다. 서비스 대기시간과는 달리 WQPOA 알고리즘이 다른 알고리즘에 비해 가장 우수한 전달 지연시간 성능을 보여주었다. 이는 WQPOA 알고리즘이 Shortcut 설정 중에도 홵바이홵 방식을 패킷으로 전송한 결과로 풀이된다.

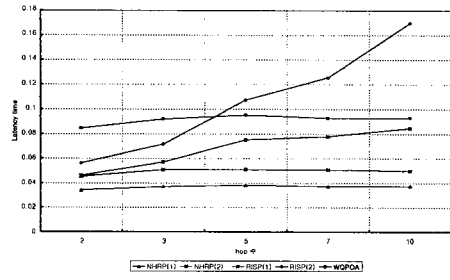


(그림 8) 모델별 첫번째 데이터 도착 지연 시간

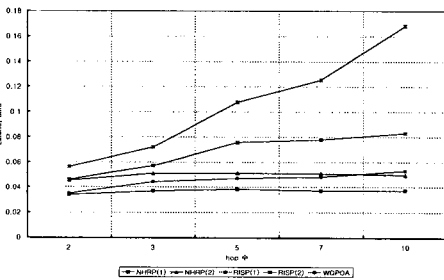
서비스 대기시간 만을 비교할 때, 미세하나마 NHRP 알고리즘이 가장 우수한 결과를 보였으나, 첫번째 데이터 도착 지연시간까지 고려하면 WQPOA 알고리즘이 서비스 대기시간과 데이터 도착 지연시간이 동일하



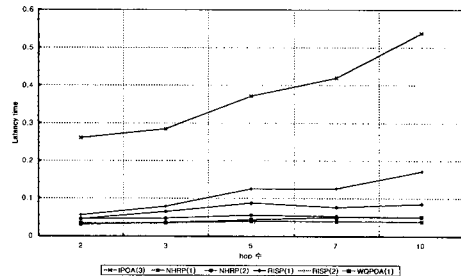
(a) 트래픽 유형 1을 인가시



(b) 트래픽 유형 2를 인가시



(c) 트래픽 유형 3을 인가시



(d) 혼합 트래픽 인가시

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

(그림 9) 모델별 확장성 제공능력 비교

여 가장 우수한 특성을 나타내었다. 그러나, 이 결과는 QoS 보장형 Shortcut에 대한 특성만을 비교한 것이므로, 공통채널 Shortcut을 설정할 경우에는 발신 호스트와 입력 라우터간의 홉바이홉 처리시간 만큼 지연시간이 커질 것으로 예상된다.

4.3.2 확장성 제공 능력

제안된 알고리즘의 확장성 보장 능력을 비교하기 위해 라우터 홉 수를 2홉에서 10홉까지 증가 시키면서 각 알고리즘별 서비스 대기시간과 첫 번째 데이터 도착 지연시간을 비교 분석한다.

(그림 9)에서 (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 알고리즘, RISP 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 알고리즘, RISP 알고리즘은 Shortcut을 이용한 고속 전달 방식을 사용하기 때문인 것으로 해석된다.

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

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

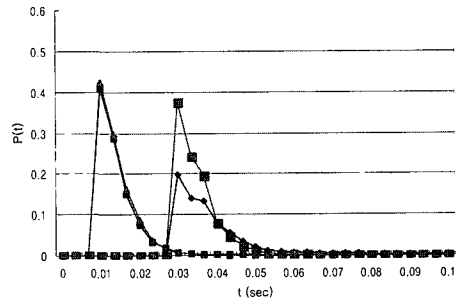
더구나, 혼합 트래픽이 인가된 (d)의 경우에는 제안된 알고리즘이 RISP와 NHRP 알고리즘에 손색이 없는 지연 특성을 가짐을 보여주고 있다. 특히, 제안된 알고리즘의 경우 홉 수가 증가하더라도 지연 시간에 거의 변화가 없음을 볼 때, 망의 규모가 커지더라도 크게 영향을 받지 않아 망 확장에 유리함을 알 수 있다.

홉 수에 대한 지연 특성을 종합해보면, 제안된 알고리즘은 홉 수의 증가에 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있으며, 트래픽 유형 1과 2에 대해서는 다소 불리한 특성을 나타내나, 트래픽 유형 3과 혼합 트래픽 유

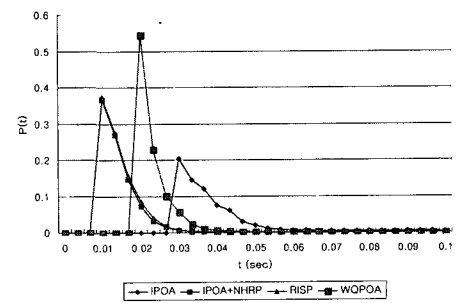
형에 있어서는 NHRP와 유사하며, 실시간 QoS에서 가장 중요한 지연변이는 다른 알고리즘과 대비하여 10배 정도의 우수한 특성을 보였다.

4.3.3 QoS 보장 능력

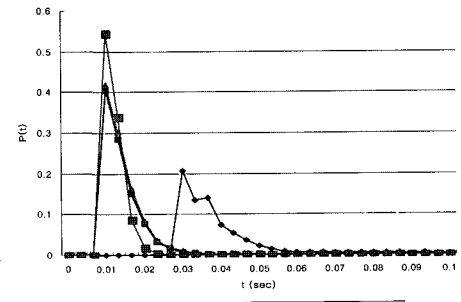
QoS 보장 능력을 살펴보기 위해 라우터 홉 수의 증가에 따른 데이터 전달 지연시간 및 지연 변이 등을 비교 분석한다. (그림 10)은 입력 트래픽을 80% 부하로 인가시 입력 트래픽 유형에 따른 각 라우팅



(a) 트래픽 유형 1 인가시



(b) 트래픽 유형 2 인가시



(c) 트래픽 유형 3 인가시

(그림 10) 알고리즘별 지연 및 지연변이 분포

알고리즘별 지연 분포를 보여준다. (a)는 트래픽 유형 1 인가시의, (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 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.

3.4.4 결과 종합 분석

서비스 유형별 서비스 대기시간, QoS 보장 정도, 확장성 지원능력 등을 홉 수의 증가 및 인가 트래픽 부하의 함수로 관찰한 결과를 종합 검토해 볼 때, WQPOA 알고리즘은 예측한 대로 IPOA 알고리즘보다는 월등한 성능을 보였으며, Shortcut을 사용하는 NHRP 및 RISP 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 알고리즘과 RISP 알고리즘이 QoS를 고려하지 않고 서비스를 요청하는 모든 응용 서비스에 대해 Shortcut을 설정하는 반면, 제안된 알고리즘은 서비스의 유형의 QoS 요구 기준에 따라 차등적으로 Shortcut을 이용하도록 제어함으로써 망 자원을 효율적으로 활용할 수 있기 때문으로 분석된다.

5. 결 론

본 논문에서는 차세대인터넷 환경에서 다양한 인터넷 응용 서비스가 충분한 QoS를 보장 받으면서 제공될 수 있도록, 사용자의 QoS 요구수준에 따라 별도의 경로 제공이 가능하고 주소 해석 대기시간이 짧은 특성을 가지며, 광역 망 적용을 위한 네트워크 확장 능력이 뛰어난 WQPOA 라우팅 알고리즘과 QPNP 프로토콜을 제안하였다.

WQPOA 알고리즘에서는 Shortcut 설정을 위해 차세대인터넷 서비스의 특성별로 관련 ATM 망의 QoS를 직접 이용하도록 하였으며, Shortcut을 생성할 때 미리 QoS 보장 협상이 가능하도록 새로운 QPNP 프로토콜을 제안하여 사용자간에 수 홉 수준에서 직접 접

속이 가능하도록 설계하였다. 또한, 독립적인 Shortcut의 설정으로 인한 라우팅 테이블 과다 문제를 해결하기 위하여 Shortcut을 QoS 보장형 Shortcut과 공통채널 Shortcut 등 두 종류로 구성하였다. 실시간 트래픽 일 경우에는 독립적인 QoS 보장형 Shortcut을 이용하도록 하였으며, 버스트한 트래픽의 경우에는 공통채널 Shortcut을 이용하여 QoS 수준에 따라 적절한 경로를 공유하게 하여 연결 수를 최소화 할 수 있도록 하였다.

제안된 알고리즘은 실시간 서비스의 지연 및 지연 변이 측면에서 성능을 비교한 결과, 다른 라우팅 알고리즘 보다 더 좋은 성능을 보여 주었다. 이는 NHRP 응용 알고리즘 및 RISP 응용 알고리즘이 QoS와 망 자원 효율화 측면을 종합적으로 고려하지 않고, 종단 호스트간의 Shortcut 설정에서 고속 경로 구성을 목표로 설계한 반면, 제안된 알고리즘은 QoS 요구수준을 고려하여 각 서비스 유형에 적절한 경로의 생성이 가능하도록 라우팅 알고리즘과 프로토콜을 제안한 때문으로 분석된다. 그러나, 제안된 알고리즘은 구현성 및 기존 라우팅 프로토콜과의 호환성의 장점에도 불구하고, QPNP 프로토콜을 새롭게 제안해야 하는 한계가 있다.

향후 차세대인터넷 환경에서 구체적인 공통채널 Shortcut 설정이 필요한 경우 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.

참 고 문 헌

- [1] 손승원, 장중수, "ATM 망 환경에서 인터넷 서비스를 위한 최적 라우팅 구조 연구", Proc. COMSW '98, pp.101-105, 1998. 7.
- [2] 손승원, 장중수, 정연서, 오창석, "광역 ATM 망 적용을 위한 QoS 보장형 라우팅 알고리즘 설계", 한국통신학회 논문지, 제 24 권 10A호, pp.1517-1531, 1999. 10.
- [3] 김윤식, 김승훈, 김치하, "초고속광역망에서 확장 가능한 QoS를 보장하는 경로 설정, 정보과학회 논문지(A)", 제 25 권 제 3 호, pp.278-287, 1998. 3.
- [4] 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.

[5] 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.

[6] J. Luciani, et al, "NBMA Next Hop Resolution Protocol," draft-ietf-rolc-nhrp-12.txt, IETF, Oct. 1997.

[7] J. Ogawa and Y. Chen, "The Receiver-Initiated Shortcut Path Protocol(RISP)," IETF Internet Draft, draft-ogawa-receiver-shortcut-path-00.txt, March. 1997.

[8] E. Rosen, et al, "A Proposed Architecture for MPLS," draft-ietf-mpls-arch-00.txt, IETF, Aug. 1997.

[9] Moosick Kang, "An Efficient Dynamic Routing Scheme for Dealy-Bounded Multicasting," 한국통신학회 논문지, Vol.22, No.12, pp.2626-2634, 1997. 12.

[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 Networks," Proc. SPIE Conf. Broad-band 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, Swallow, and Viswanathan, "A Framework for Multiprotocol Label Switching," draft-ietf-mpls-framework-02.txt, Nov. 1997.



손 승 원

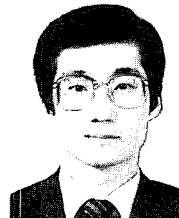
e-mail : sswsohn@etri.re.kr

1984년 경북대학교 공과대학
전자공학과 졸업(학사)

1994년 연세대학교 산업대학원
전자전공 졸업(석사)

1999년 충북대학교 컴퓨터공학과
졸업(박사)

1991년 8월 ~ 현재 한국전자통신연구원 인터넷구조팀장
관심분야: 차세대인터넷, QoS 보장 기술, 라우팅 구조
및 알고리즘, 인터넷 네트워킹



오 창 석

e-mail : csoh@nwork.chungbuk.ac.kr

1978년 연세대학교 전자공학과
졸업(학사)

1980년 연세대학교 전자공학과
졸업(석사)

1988년 연세대학교 전자공학과
졸업(박사)

1985년 ~ 현재 충북대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 멀티미디어 통신, 차세대인터넷 기술, QoS
보장 기술, 신경 네트워크