

# RSVP를 이용한 다중경로 예약에 관한 연구

한대관, 최대우  
동명정보대학교 정보통신공학과

## A Study on the Multipath Reservation using RSVP

Dae-Kwan Han and Dae-Woo Choi

Dept. of Inform./Commun. Eng., Tongmyong Univ. of Information Technology

E-mail : dkhan2000@orgio.net, dwchoi@tmic.tit.ac.kr

### 요 약

인터넷의 서비스 품질(QoS : Quality of Service)에 대한 요구가 점차 커지고 있다. 본 논문에서는 QoS 보장 방법중의 하나인 RSVP(Resource Reservation Protocol)에 대하여 기술하고 RSVP 사용에 알맞은 edge망에서 네트워크 대역을 예약하는 과정에서 생기는 문제점을 지적하고, 이에 대한 해결방안으로서 다중경로 예약방식을 제안하였으며, 그 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다.

### 1. 서론

현재의 인터넷은 최선형(Best Effort) 서비스만을 지원하고 있으나, 인터넷 전화, 인터넷 방송, 멀티미디어 서비스등의 실시간 혹은 대역폭이 큰 서비스들이 늘어남에 따라 서비스 품질(QoS:Quality of Service)에 대한 요구가 점차 커지고 있다[1].

QoS 보장을 위한 손쉬운 방법은 폭주가 일어나지 않도록 대역폭을 충분히 크게 확보하는 것이다. 그러나 대역폭만 크게 하고 현재의 최선형 서비스 구조를 그대로 유지한다면 사용자가 원하는 만큼 품질을 보장해 주는데 한계가 있다. 특정 노드나 네트워크에서 순간적으로 발생하는 트래픽을 모두 예상해서 백본의 대역폭을 높인다는 것은 비경제적이기도 하고 불가능한 일이다. 그러므로 대역폭을 충분히 크게 해도 최소

한의 QoS 보장방법이 수반되어야만 원하는 성능을 얻을 수 있다[2]. 인터넷 표준화 기구인 IETF에서는 현재 인터넷상에서 서비스 품질을 보장하기 위한 방법들의 표준화가 진행되고 있다. 그 중에서도 대표적인 것이 통합 서비스(IntServ : Integrated Services)와 차별 서비스(DiffServ : Differentiated Services)이다. 통합 서비스는 RSVP(Resource Reservation Protocol)라는 신호 프로토콜을 이용하여 원하는 대역폭을 할당 받고 통신하는 방식이다[1].

본 논문에서는 RSVP 프로토콜을 이용하여 네트워크의 대역을 예약하는 과정에서 edge망의 예약률과 네트워크의 효율성을 높이기 위한 방안으로 다중경로 예약방식을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 RSVP에 대하여 알아보고 3장에서는 문제점, 4장에서

는 문제점에 대한 해결방안인 다중경로 예약을 기술하고 5장은 시뮬레이션을 이용한 성능분석 결과를 기술했으며 6장에서 결론을 지었다.

## 2. RSVP(Resource Reservation Protocol)

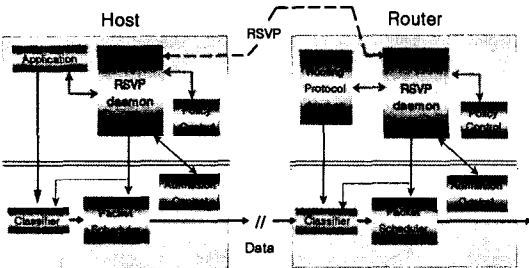
### 2.1 개요

RSVP는 송신자와 수신자, 그리고 라우터들이 보장형서비스를 지원하기 위하여 대역을 설정하는데 필요한 신호 프로토콜이다[3]. 즉, 대역을 확보하기 하기 위해 참여하는 라우터에게 대역설정에 관한 절차를 규정하는 프로토콜이다. RSVP는 라우팅 프로토콜과는 다른 개념이며 현재 설정된 경로를 따라서 자원을 예약할 뿐이다. RSVP는 수신자 주소, 트랜스 포트 계층의 프로토콜 타입, 그리고 수신자의 포트 번호로 통신 세션을 인식한다. 각 RSVP의 동작은 특정 세션의 패킷에 대해서만 적용된다. 따라서 각 RSVP 메시지에는 세션의 세부 사항에 관한 정보가 있어야 한다.

또한 RSVP는 단방향(simplex)모드로 동작하며, 양종단 호스트는 각각 서로 다른 방향에서 자원을 요청하게 된다. RSVP는 수신자가 주도하여 자원을 예약하며, 유니캐스트, 멀티캐스트서비스를 지원한다.

### 2.2 RSVP의 동작

<그림1>은 호스트와 라우터에서 RSVP가 사용될 때 발생하는 처리 과정을 보인 것이다. 수신측 호스트의 응용 프로그램이 요구하는 서비스 품질 제어 요청은 일단 호스트의 RSVP 데몬 프로세스로 전달된다. RSVP는 이 요청을 데이터가 전달되는 경로상의 모든 노드(호스트, 라우터)에게 전달한다. 즉, 자원의 예약은 데이터 전달 방향과 반대로 수신노드에서 송신노드로 거슬러 수행된다[4].

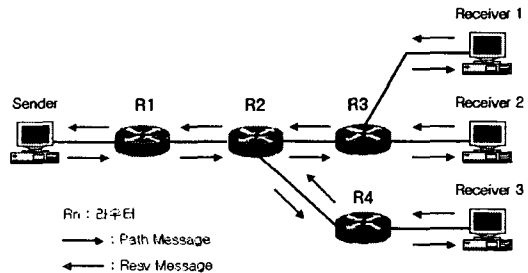


<그림1> 호스트와 라우터의 RSVP 동작

서비스 품질 제어를 할 수 있는 각 노드들은 입력 패킷들을 패킷 분류자가 받은 후 경로와 서비스 품질 클래스를 결정한다. 노드의 출력 접속부에서는 패킷 스케줄러에 의해서 예정된 서비스 품질을 얻을 수 있도록 패킷의 전달을 결정한다. 각 노드에서 RSVP 제어 요청은 수락 제어와 정책 제어의 두 부분으로 전달된다. 수락 제어는 요청된 서비스 품질을 만족할 만한 충분한 자원을 노드가 가지고 있을 경우 이 요청을 수락하게 되며 만약 충분한 자원이 없으면 요청을 거절하고 이를 수신자에게 알린다. 정책 제어는 예약을 요청하는 사용자가 충분한 자격을 가지고 있는지 아닌지 결정한다. 만약, 이 두 가지 검사가 성공하면, 패킷 분류자와 패킷 스케줄러의 파라미터 값들을 수정해서 원하는 서비스 품질을 얻을 수 있게 된다. 만약 두 가지 검사가 실패하면, RSVP 프로그램은 실패가 발생했다는 것을 수신측 응용 프로그램에게 알린다[5].

<그림2>는 하나의 sender와 receiver 세 개가 있는 멀티캐스트 세션에서 RSVP를 사용한 예를 보인 것이다. RSVP에서 사용되는 주요 메시지는 송신자가 만드는 경로(Path) 메시지와 수신자가 만드는 예약(Resv) 메시지가 있다. 경로 메시지의 역할은 경로상의 각 라우터안에 예약 메시지를 위한 경로를 설정하고, 송신할 트래픽과 종단간의 경로에 관한 정보를 수신자들에게 전달하는 것이다. 예약 메시지는 예약 요구를 수신자와 송신자 사이의 라우터들에게 전달하는 것이다.

<그림2>에서 송신할 데이터를 가진 송신자는 주기적으로 다음 홉 R1으로 경로 메시지를 보낸다. 이 메시지는 R2, R3, R4를 거쳐 각 수신자에게 전달된다. 이에 수신자는 경로 메시지의 정보에 따라 자신이 요구하는 서비스 품질을 결정하여, 예약 메시지를 통해 라우터에게 요청하게 된다. 라우터는 요청된 자원을 할당할 수 있으면 이를 수락하고 상위 라우터로 예약 메시지를 전달시켜 최종 송신자까지 전달되어 예약이 완성되게 된다.



<그림2> RSVP 메시지 방향

### 2.3 RSVP의 대역요청

경로 메시지를 받은 수신자는 이 메시지가 가지고 있는 정보로 대역요청을 한다. 이 때 경로 메시지에 Adspec(수신자에게 링크의 자원상태를 알려주는 선택 사항)이 포함되는 경우 이 정보에 기초하여 대역요청을 하는 것을 One Pass With Advertisement(OPWA)라고 하는데, 수신자는 경로 메시지의 Tspec(특정 서비스를 요구하는 패킷 흐름의 트래픽 형태를 기술하는 규격)으로부터 r(토콘율), b(버킷크기), p(최대 패킷 전송율), m(최소 검사 단위)의 정보를 그리고 Adsepec으로부터 최소 지연시간(Qmindel), Ctot, Dtot, M(최대 패킷 크기)등의 정보를 구한다. 수신자가 요구하는 최대 지연 시간으로부터 Qmindel를 빼면 양종단간의 최대 큐잉 시간 Qdelreq를 구할 수 있고, 식(1) 또는 식(2)에 의하여 최소 요구 대역 B를 구할 수 있다[6][7].

$$Q_{delreq} = -\frac{(b-M)(p-B)}{B(p-r)} + \frac{(M+Ctot)}{B} + Dtot \quad (p \geq B \geq r) \quad \text{식(1)}$$

$$Q_{delreq} = -\frac{(M+Ctot)}{B} + Dtot \quad (B \geq p \geq r) \quad \text{식(2)}$$

(단, Ctot, Dtot: 라우터에서 처리시간을 고려한 에러항)

이와 같이 구한 B값을 갖고 수신자는 Rspec(지연시간의 한계를 보장 받기 위해서 대역을 망에 요구하는 사항에 대한 규격)을 구성하여 각 라우터에게 대역을 할당 받는다.

## 3. RSVP의 문제점

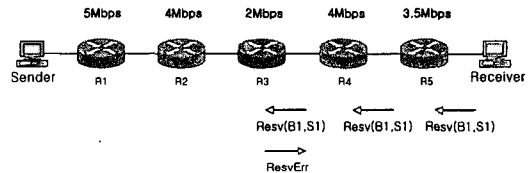
### 3.1 SLACK TERM

수신자가 예약을 요구하는 예약메시지를 송신자에게 보낼 때 Rspec을 실어서 보내게 되는데, Rspec에는 요구대역 B과 여유항(Slack term, S)가 포함되어 있다. S는 요구대역을 B로 사용했을 때 얻어지는 양종단간의 지연시간보다 더 커질 경우 허용할 수 있는 지연시간의 범위를 의미한다. S는 Qdelreq가 최대 경로 큐잉 시간보다 작을 경우에는 두 값의 차가 S가 되며, 라우터가 예약을 보다 유동적으로 할 수 있게 해 준다. 여유항을 사용하면 종단간의 예약 성공 확률을 높일 수 있다[6][7].

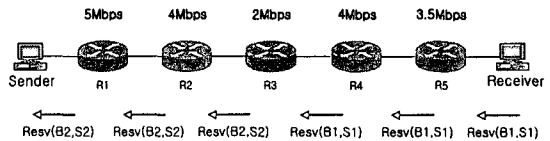
만약 수신자가 B 만큼의 대역을 요구했을 때 S가 0이라면 경로상의 어떤 링크는 B 만큼의 대역을 할당할 수 없게 되지만 만약 이 경로에서 허용할 수 있는

대역인 여유항을 할당했을 경우는 얻어지는 새로운 지연시간 Qdelnew이 처음 요구한 Qdelreq과 비교하여 이 차이가 S보다 작다면 ( $S > Q_{delnew} - Q_{delreq}$ ), 이 예약 요구는 허용되며 이 경로로부터 대역 요구값은 새롭게 할당된 Bnew가 되고 여유항도  $S_{new} = S - (Q_{delnew} - Q_{delreq})$ 로 변경된다.

<그림3>에는 5개의 라우터로 이어지는 하나의 예약 경로를 보여 주는데, 수신자는  $B1=2.5Mbps$ 와  $S1=0$ 으로 대역요구를 하고 있다. 그러나 라우터3의 링크는 가용대역이 2Mbps 밖에 없기 때문에 이 요구는 수용할 수 없게 되어 라우터3은 에러 메시지(ResvErr)를 수신자에 전달하게 된다. <그림4>는 <그림3>과 동일한 상황에서  $B1=2.5Mbps$ 와  $S1>0$ 의 값으로 대역요구를 하고 있다. 이 때에는 라우터3이  $B2=2Mbps$ 로 예약할 경우 양종단 지연 시간을 계산하여 이 값과  $B2=2.5Mbps$ 로 예약할 때와 비교하여 양 종단 지연 시간의 차가 여유항 S보다 작으면  $B2=2Mbps$ 로 대역을 할당한다. 그리고 라우터2에는 새로운  $B2$ 값과  $S2$ 값으로 대역을 요구한다.



<그림3> 예약 요구가 거부된 경우(S=0)



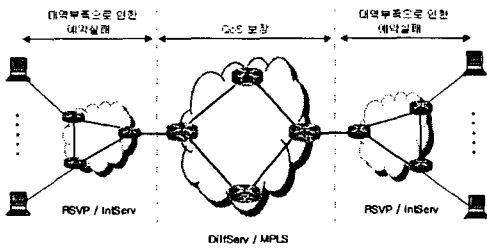
<그림4>예약된 경우(S>0)

### 3.2 문제점과 해결방안

여유항을 이용한 방식은 어느정도 네트워크의 예약률을 증가시킬 수 있으나 많은 트래픽이 어느 특정 라우터에 발생하였을 경우와 다른 많은 사용자들이 먼저 네트워크를 점유한 경우에는 여유항을 이용하더라도 한계가 있다.

실질적으로 RSVP는 scalability 문제 즉, 상태 정보를 각각의 흐름별로 관리해야 하므로 확장성 문

제와 주기적으로 경로 메시지와 예약 메시지를 전송하여 재확인을 해야 함으로써 대규모에는 적합하지 않지만 QoS를 보장하기 위한 MPLS, DifferServ 등의 기술은 종단간의 QoS를 보장하지 않기 때문에 core망에서 이용되고, edge망 또는 소규모망에서는 RSVP를 이용할 수 밖에 없다. Core망에서는 QoS가 보장되더라도 edge망에서도 갈수록 트래픽이 많아지고 크지므로 지금의 RSVP의 예약방식으로는 필요한 시간에 예약이 된다는 보장이 없다.

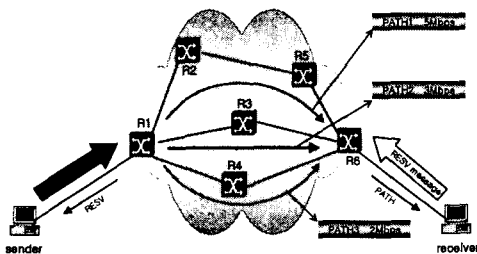


<그림5> Edge망에서 대역부족으로 인한 예약실패

또한 edge망에서 단일경로 설정으로 인한 네트워크 이용의 비효율성과 특정경로에 트래픽이 집중되는 문제점이 발생한다. 그러므로 RSVP를 이용한 다중경로 예약방식으로 트래픽을 분산시킴으로써 종단간의 예약률과 망의 효율을 증가시키고자 한다.

## 4. 다중경로 예약

### 4.1 예약방식



<그림6> RSVP의 다중경로 예약

앞절에 밝혔듯이 일반적으로 RSVP 프로토콜에 의해서 송신측에서 수신측으로 경로메시지가 보내어지

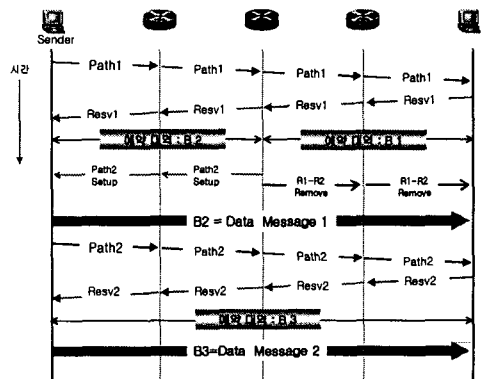
면 수신측은 경로메시지가 왔던 라우터를 경유하여 예약메시지를 송신측으로 보내면서 경로를 예약하는데, 원하는 대역폭만큼 자원의 여유가 없다면 라우터는 수신측으로 에러메시지를 보낸다. 그리고 많은 대역폭을 필요로 하는 멀티미디어 서비스가 한 개의 경로를 점유하고 있다면 다른 트래픽에 영향을 줄 뿐만 아니라 네트워크 이용률도 그 만큼 줄어 들게 된다.

<그림6>은 본 논문에서 제안한 다중경로 라우팅을 나타낸 개념도다.

송신측에서 라우터 R1은 데이터를 R2, R3, R4으로 분리 하여 보내어 망내의 트래픽을 분산시켰으며, 대역폭을 확보하여 예약률을 증가시켰다. 특히 원격 강의, 원격회의, 원격진료, 원격제어 등 특정한 시간에 대역 예약이 필요한 QoS서비스에 많은 이점이 있을 것으로 예상된다.

### 4.2 알고리즘

자원예약은 수신측에서 경로메시지의 경로와 정보를 바탕으로 경로를 설정하기 때문에 필요한 대역만큼 자원예약이 안되는 라우터에서 요구대역을 예약하지 못하게 되면 수신측에 에러메시지를 보내는 것이 아니라 일부분의 대역을 예약한 결과정보와 예약하지 못한 대역의 정보를 송신측에서 보냄으로써 송신측은 다시 수신측으로 다른 경로를 통해서 수신측으로 경로메시지를 보내고 송신측은 이 메시지를 근거로 하여 다른 경로로 남은 대역을 예약한다.



<그림7> 다중경로 예약과정

- ① sender에서 Path 메시지를 보내면 receiver는 이를 근거로 하여 Resv 메시지를 Path 메시지가 경유한 경로로 보낸다.
- ② 특정 라우터에서 요구대역(B1)을 확보하지 못하

면 새로운 대역(B2)만큼 우선 예약한다.

- ③ 요구대역을 예약하지 못한 라우터는 sender로 Path2 setup 메시지를 보내고, receiver에는 B2로 예약된 정보를 보내면서 B1-B2만큼의 대역을 제거한다.
- ④ Path2 setup 메시지를 받은 sender는 다른 경로로 이용하여 Path2 메시지를 보내고, receiver는 남은 대역을 예약하고, Path2가 예약되면 sender는 data를 보낸다.

### 4.3 다중경로 스케줄링 방식

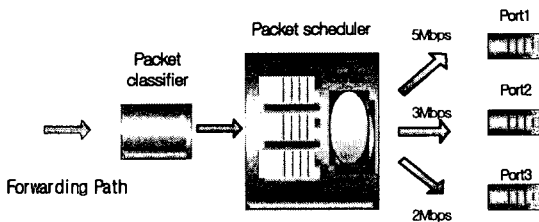
통신망의 링크내에는 수 많은 플로우가 있으며 각 순간마다 이용가능한 대역폭은 자원 할당에 의해서 큐에 있는 패킷들간에 공유된다. 각 플로는 각 서비스에 따라서 다른 QoS를 요구하기 때문에 각 플로우의 서비스 특징에 따라 적절한 스케줄링이 필요하게 된다. 패킷 스케줄링 알고리즘은 실시간 트래픽의 성능에 중요한 영향을 미치며, 각 플로우에 할당된 만큼 대역폭을 다른 트래픽의 영향을 받지 않게 공평하게 해 주는 독립성과 모든 플로우가 공평하게 여분의 대역폭을 공유할 수 있는 공평성을 제공하여야 한다.

#### -Packet classifier

트래픽제어를 위해서 각 입력 패킷들은 어떤 송신자가 보내었는지 분류하고, 동일한 분류에 속한 패킷들은 모두 같은 서비스를 받는다.

#### -Packet scheduler

큐나 타이머의 방법을 통해서 서비스 요구 조건에 따른 패킷 스트림의 전달을 관리하고, 사용자 트래픽이 연결을 수락할 때의 트래픽 조건에 맞게 전송되고 있는지를 감시하는 기능을 함께 수행한다.



<그림8> 스케줄링 방식

Packet classifier와 Packet scheduler를 통과된 수신자가 같은 패킷들은 예약된 경로로 server에 의해서 패킷들이 분류된다. 이때 server는 자체 카운터를 작동시켜 패킷을 분류하고 각각의 port로 나눈다. 예를 들어 10개의 RSVP 패킷의 목적지가 동일하다면

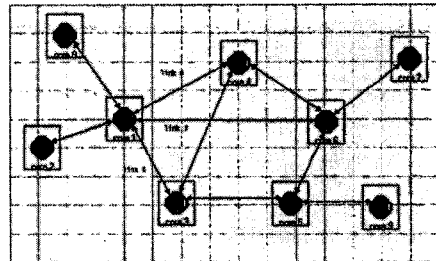
이미 대역에 따라 경로가 정해져 있으므로 server는 카운터를 이용하여 port1에는 5패킷, port2에는 3패킷, port3에는 2패킷으로 나누어서 보내게 된다.

## 5. 시뮬레이션

시뮬레이션은 OPNET를 이용하여 <그림9>와 같이 네트워크를 구성하였으며 각 라우터에는 4개의 호스트를 두어 가상적인 시나리오를 만들었다.(core는 라우터를 의미한다.)

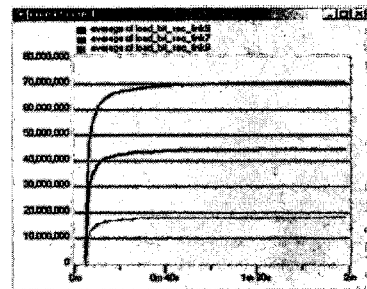
core1에서 core6의 경로 link7에 혼잡을 발생시켜 단일 경로와 다중 경로 예약을 설정하였다.

각 라우터에서 랜덤트래픽을 백그라운드로 발생시키고 있는 상태에서 core2에서 core7으로 가는 20Mbps의 플로우를 core1에서 core6을 거치는 단일 경로로 루팅하는 경우에 관하여 시뮬레이션 하였다. 또한, core1 -> 6경로와 core4를 거치는 다중경로를 루팅하는 경우를 시뮬레이션하여 비교 검토하였다.

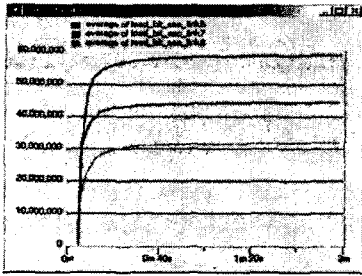


<그림9>시뮬레이션을 위한 가상망

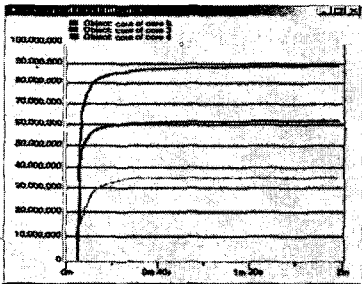
<그림10>, <그림11>, <그림12> 및 <그림13>은 단일경로 예약과 다중경로 예약방식을 적용한 경우 각 경로와 각 라우터의 부하를 비교한 것이다.



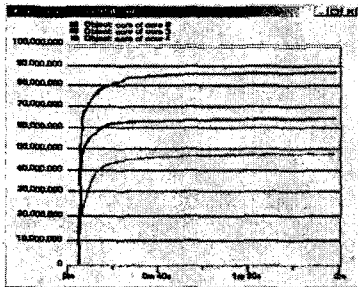
<그림10> 단일경로 link5, 7, 8의 평균 부하



<그림11> 다중경로 link5, 7, 8의 평균 부하



<그림12> 단일경로 라우터(core3, 4, 6) 평균 부하



<그림13> 다중경로 라우터(core3, 4, 6) 평균 부하

<그림10>에서 부하가 가장 큰 링크 7의 부하가 링크 8로 분산되고 있음을 <그림11>을 통하여 확인 할 수 있다.

다중경로 루팅방안에 방법에 의한 예약을 향상 정도는 현재 연구중이다.

RSVP는 자체 문제점들로 대규모망에는 적합하지 않으나, 트래픽이 적은 소규모망에 이용하기에는 적당한 QoS 제공 방안이다. 그러나 소규모망도 날로 커지고, 다양화되는 멀티미디어 서비스를 충족시키기 위해서 망의 대역폭을 무한히 크게 할 수는 없다. 특히 백본망을 통하여 통신을 할 때는 edge망의 트래픽 발생에 의하여 원하는 시간에 통신을 할 수가 없는 문제가 발생할 수 있으며, edge망내에서의 통신도 많은 대역폭을 요구하는 서비스는 단일경로 만으로 예약을 하기에는 역부족함이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점의 해결방안으로서 다중경로 루팅 RSVP를 제안하고 그 성능을 OPNET 시뮬레이터로 분석하였다. 향후 다중경로 RSVP의 완전한 호처리 과정을 구현하여 호의 예약율이 향상되고 망의 부하가 분산되는 효과를 구체적으로 검토하고자 한다.

본 연구는 지능형 통합항만관리연구센터(CIIPMS)의 지원사업에 의하여 수행된 것입니다.

**[참고문헌]**

- [1] 전용희, 박수영, "DiffServ를 이용한 인터넷 QoS 보장 기술," 한국통신학회지, 제 17권, 9호, pp.44-64, 2000.
- [2] X. Xiao, et al., "Internet QoS : A Big Picture," IEEE Network, March/April, pp.8-18, 1999.
- [3] R Brandenet al., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional Specification," RFC 2205, September 1997.
- [4] P.P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet : A Tutorial," IEEE Comm. Magazine, May 1997.
- [5] J. Wroclawski, "The Use of RSVP with Integrated Services," RFC 2210, September 1997.
- [6] Zheng Wang, Ineternet QoS Architectures and Mechanisms for Quality of Service, Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [7] ATM상의 인터넷 서비스 기술 개론, 한국전자통신연구원, 1998.

**6. 결론**