

# Integrated Network에서 이동 호스트를 지원하기 위한 자원 예약 프로토콜

김민선 서영주  
포항공과대학교 컴퓨터공학과  
{mydream4, yjsuh}@postech.ac.kr

## A Resource Reservation Protocol for Mobile Hosts in the Integrated Network

Min-Sun Kim Young-Joo Suh  
Dept. of Computer Science & Engineering, Pohang University of Science & Technology

### 요 약

본 논문에서는 이동 컴퓨팅 환경에서 이동 호스트에게 실시간 서비스의 Quality of Service(QoS)를 제공하기 위한 자원 예약 프로토콜을 제시, 설명한다. 실시간 서비스를 제공하는데 있어 이동성은 통신 경로의 변경으로 인해 QoS에 심각한 영향을 끼치게 된다. 그러나 현재 QoS를 위한 signaling 프로토콜인 자원 예약 프로토콜(Resource ReSerVation Protocol, RSVP)은 고정 호스트만을 가정하고 있으므로 이동 컴퓨팅 환경에서 그대로 사용하기에는 적합하지 않다. 이에 본 논문에서는 이동 호스트를 지원하는 Integrated Network에서 RSVP Agent를 사용하여 Mobile IP와 인동하는 새로운 signaling 프로토콜을 제안한다. RSVP Agent는 RSVP tunnel을 사용하여 이동호스트를 대신해서 주위의 셀들에 미리 자원을 예약해 주는 역할을 하게 된다. 이후 이동 호스트는 RSVP Agent가 미리 예약해준 자원을 사용하게 됨으로써 고정 호스트에게 상대 노드의 이동성을 고려하여 자원을 예약하지 않아도 되도록 지원해주며, 경로마다 관리해야 하는 soft-state 유지비용의 감소를 가져오고, 불필요한 bandwidth의 예약을 막고, 패킷 지연을 줄여 주는 효과를 가져오게 되며 그 결과를 시뮬레이션을 통하여 확인해 본다.

### 1. 서론

최근 휴대용 컴퓨터와 무선 통신 기술의 급속한 발전으로 인하여 이동 컴퓨팅에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이동 컴퓨팅의 이상적인 목표는 유선 망, 무선 랜, 공중 무선망으로 구성된 유무선 복합 망에서 휴대단말을 가지고 이동중인 사용자에게 유선망에 연결된 고정 단말을 사용할 때와 거의 같은 수준의 서비스를 제공하는데 있다. 그러나 일반적으로 무선망은 유선망과는 달리 낮은 대역폭, 낮은 데이터 신뢰성, 높은 전송지연시간이라는 상이한 특성을 가지기 때문에 이동성을 보장하면서 서비스의 신뢰성을 제공해 주기 위한 연구는 중요하다고 할 수 있다. 특히나 다양한 QoS를 요구하는 실시간 서비스의 요구가 급증하고 있기 때문에 그러한 요구를 수용할 수 있는 서비스의 제공은 필수적이다. 이렇게 QoS를 제공하기 위해서는 호 수락 제어(call admission control), 정책 결정(policy control), 자원 예약(resource reservation) 등의 프로토콜들이 개발되어야 한다. 이 중 자원 예약을 위한 signaling 프로토콜인 RSVP[3,4,5,6]는 고정 호스트를 가정하여 유선망에 제시, 활용되고 있으나 무선망에서 이동성을 지원하는 효과적인 자원 예약 프로토콜이 제시된 바 없다. 이에 본 논문에서는 이동성과 QoS를 동시에 지원할 수 있는 자원예약 프로토콜을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 이동 컴퓨팅 환경에서 QoS를 제공하기 위해 지금까지 수행되어온 연구들을 살펴보고 그들에 대한 장단점을 논하고, 제안하는 논문의 이해를 돕기 위한 배경으로 RSVP tunnel을 설명한 뒤, 3절에서 제안하는 프로토콜에 대하여 설명한다. 4절에서는 시뮬레이션을 통한 성능 분석을 하고 5절에서 결론을 맺도록 한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 signaling 프로토콜

이동 컴퓨팅 환경에서 QoS를 제공하기 위한 자원 예약 프로토콜로는 대표적인 것으로 MRSVP[1]이 있다. MRSVP는 이동성을 지원할 수 있도록 RSVP를 확장한 signaling 프로토콜이다. 자원예약의 형태를 active, passive로 구분하여 송신자로부터 앞으로 이동해갈 모든 셀(MSPEL)까지 모든 경로를 미리 예약하는 방식이다. 즉, 현재 사용중인 path를 active라 하고, 나머지 path들은 passive라 하여 후에 이동 호스트가 핸드오프 하여 active가 될 때까지 예약은

되어 있으며, 잠시 다른 사용자에게 빌려줄 수 있는 자원을 의미한다. 그러나 이 방식은 하나의 이동 호스트를 위해 앞으로 이동해 갈 모든 셀로의 구간을 예약함으로써 인한 bandwidth의 낭비를 초래하고 있으며, 구간마다 refresh 메시지를 계속 전송해서 soft-state를 유지해야 하는 비용이 크다. 또한 optimal route 사용 시, Care-of address(Coa)가 바뀌었을 때 binding update[9]가 이루어지기 전까지는 홈 에이전트를 통해야 하는 패킷 지연이 발생하고, 이 경로를 예약하고 있지 않아 서비스의 중단이 발생할 수 있다는 단점이 있다.

[2]의 연구에서는 QoS Domain & Routing Domain이라는 개념을 도입하여 효과적인 프로토콜을 제시하였으나 campus network만 가정하고 있어 다른 Autonomous System(AS)번호를 갖는 네트워크간의 핸드오프는 지원하고 있지 않으며, 3계층 구조 (3 layer architecture)로 네트워크 형태를 제한했다는 단점을 가지고 있다.

[10]에서는 기존 RSVP에서 쉽게 확장이 가능한 형태의 signaling 프로토콜을 제안하였다. mobile IP[8]를 약간 수정하여 이동이 가능하며 basic mobile IP에 의해 라우팅 되는 경로를 예약해줌으로써 bandwidth 절약과 관리 비용 감소라는 장점을 가지지만 핸드오프 후에 다시 RSVP tunnel을 형성하기까지 발생하는 패킷 지연을 해결하지 못하였고 최적의 경로가 아니라는 단점을 가지고 있다.

[11]의 연구에서는 멀티캐스트 경로를 사용함으로써 핸드오프로 인한 패킷 지연시간은 거의 없고, 최적의 경로를 따라 데이터가 전송이 되지만, 송신자가 잘 알려진 멀티캐스트 주소를 가지는 고정 호스트로 가정하였기 때문에 이동호스트의 유니캐스트 경우에는 적합하지 못하다.

그리고 자원 예약을 무선 구간에서만 하는 방식의 연구[13]도 제안된 바 있다. 그러나 end-to-end의 자원 예약이 아니기 때문에 통신하는 경로의 보장이 없어 지속적인 서비스의 요구를 충족시켜 줄 수 없게 된다.

이에 본 논문에서는 이동 호스트를 지원하는 라우팅 프로토콜인 mobile IP[8]와 최적의 경로를 보장하는 Route Optimization[9]과 쉽게 이동이 가능하고 최적경로의 자원 예약을 위한 상태 유지 비용을 감소시키고 패킷 지연을 줄일 수 있는 프로토콜을 제시하고자 한다.

#### 2.2. 배경 - RSVP tunnels

이 절에서는 IP-in-IP tunnel을 지원할 수 있는 RSVP의 확장인 RSVP tunnel[7]에 대하여 설명하도록 하겠다. 이동 호스트를 지원하기 위한 라우팅 프로토콜로 mobile IP[8]가 제안되어 있는데, 이는 데이터 전송을 위해 IP-in-IP Tunneling 기술을 사용하고 있다. 이 때 경로 예약을 위한 Path 메시지를 전송하게 되면 홈 에이전트는 이 Path 메시지를 encapsulation 하여 포인 에이전트로 전송하게 된다. 그러나 Path 메시

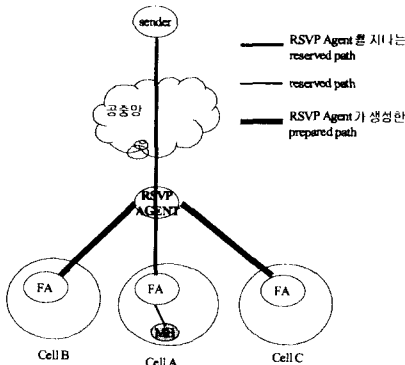
지는 Router-Alert option이 있어서 이 메시지를 처리하게 되는 라우터는 특별처리를 하게끔 되어 있다. 그런데 Path 메시지가 일반 데이터와 같은 방식으로 encapsulation된다면 IP-in-IP Tunnel을 지나는 동안에는 Path 메시지로 인식하지 못하게 되어 결국 송신자-홈 에이전트, 포린 에이전트-이동 호스트 간에만 자원이 예약될 뿐, 홈 에이전트-포린 에이전트, 즉 tunnel 사이에서는 자원이 예약 되지 않아 end-to-end의 자원 예약이 사실상 불가능하게 된다. 이를 해결하고자 나온 것이 RSVP tunnels[7] 이다.

RSVP에서는 플로우를 (dest IP, dest Protocol, {dest Port})로 인식한다. 때문에 Tunnel을 지나는 메시지는 위의 세가지 정보를 가져야 각각의 세션으로 인식이 가능하게 된다. Tunnel의 시작 지점을  $R_{entry}$ 라 하고 끝 지점을  $R_{exit}$ 로 표기하며, Path 메시지 또는 일반 데이터가 Tunnel을 통과할 때는 IP, UDP 헤더를 추가, 전송하여 outer IP, UDP 헤더로써 Tunnel Session의 플로우로 인식 가능하게 한다. RSVP capable 라우터는 Tunnel SESSION과 end-to-end SESSION을 매칭하여 관리할 수 있다.

### 3. 제안 프로토콜

#### 3.1. 개요

제안하는 QoS Signaling 프로토콜은 고정 호스트가 통신하는 이동 호스트와의 QoS 지원을 위해 이동성을 따로 지원해 주지 않도록 하는 방식이다. 본 논문에서는 이동호스트의 QoS를 지원해 주기 위해서 새로운 개체인 RSVP Agent를 제안한다. RSVP Agent는 고정 호스트를 대신해서 이동호스트의 이동성에 따른 경로변경에 대처하여 자원을 미리 예약해 줄 수 있도록 한다. 고정 호스트는 기존의 자원 예약 프로토콜인 RSVP를 사용하여 이동 호스트에게 하나의 Path 메시지를 전송하고 RSVP Agent는 Path 메시지를 가로채어 이동 호스트가 있는 포린 에이전트에게 전달해줌은 물론 이웃한 포린 에이전트들에게까지 전달해줌으로써 앞으로 다른 지역으로 이동한 후에 사용하게 될 자원을 미리 예약하도록 하는 방식이다. 이렇게 RSVP Agent를 통해서 예약된 자원은 이동 호스트의 이동성을 완벽하게 지원해 줄 수 있게 될 뿐 아니라, 패킷 지연을 제거하고 예약상태 관리를 위해 전송해야 하는 메시지의 수를 줄임으로써 관리비용의 감소효과를 가져오며, 예약되는 자원의 양을 줄임으로써 전체적인 성능 향상을 이룰 수 있게 된다.



[그림1] RSVP Agent를 이용한 자원 예약의 형태

#### 3.2. 자원 모델

자원은 다음의 세가지 형태로 이루어져 있다.

- free : best-effort 형태의 데이터 전송에 사용되는 자원
- reserved : 특정 플로우를 위해 예약되어 사용되는 자원
- prepared : 특정 플로우를 위해 예약은 되어 있으나, 현재 사용 중이지 않으므로 Weak-QoS나 best-effort를 요구하는 플로우에게 잠시 빌려줄 수 있는 자원

free 형태의 자원은 Path, Resv 메시지에 의해서 reserved 형태로 바뀌게 되고, preparePath, prepareResv 메시지로 prepared 형태로 바뀌게 된다. prepared 형태의 자원은 activateFlow 메시지를

통해 reserved 형태의 자원으로 바뀌고, PrepareTear 메시지를 통해 free 형태의 자원으로 바뀌게 된다. 그리고 모든 형태가 soft-state로 관리되므로 일정시간 내에 refresh가 이루어지지 않으면 reserved, prepared 형태의 자원은 free 형태의 자원으로 변경된다.

#### 3.3. 관련 컴포넌트의 기능

##### 3.3.1. 고정 호스트

Route Optimization[9]을 통해 통신하고 있을 경우 이동 호스트의 Coa로 RSVP tunnel[7]을 형성하여  $R_{entry}$ 로서 하나의 Path 메시지를 전송한다. binding cache[9]를 가지는 고정호스트는 이동 호스트의 새로운 Coa를 알게 되더라도 새로운 Coa를 목적으로 하는 path가 형성될 때까지는 패킷을 이전의 Coa로 전송하는 delay binding을 지원할 수 있도록 한다.

##### 3.3.2. 이동 호스트

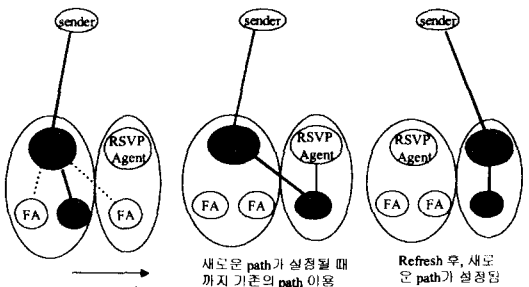
이동 호스트는 자신이 속한 지역의 포린 에이전트에게 QoS 신청을 하도록 한다. 이는 mobile IP[8]에서 registration message에 Q bit [10]을 추가함으로써 등록과정중의 일부로 이루어 질 수 있다.

##### 3.3.3. 포린 에이전트

이동호스트가 등록과정 중에 QoS 지원을 요청하는 경우 자신을 관리하는 RSVP Agent에게 requestQoS 메시지를 전송하여 이동호스트의 QoS 신청을 전달해 준다. 이때 이동호스트의 이동성을 예측하는 프리디션이 수행 중이면 이동해 갈 셀들에 대한 정보를 같이 넘겨 줄 수 있도록 한다. 현재 이동호스트가 위치한 포린 에이전트는 송신자로부터 형성된 RSVP tunnel의  $R_{exit}$ 로 동작하게 되고, 예측되거나 현재 이동호스트가 위치한 옆 셀에 존재하고 있는 포린 에이전트는 RSVP Agent로부터 형성된 RSVP tunnel의  $R_{exit}$ 로 동작하게 된다.

##### 3.3.4. RSVP Agent

RSVP Agent는 등록된 포린 에이전트들의 기본 게이트웨이의 위치 또는 그 상단에 존재하게 되며, QoS 요청을 해온 이동 호스트에 관한 리스트를 관리하게 된다. RSVP Agent는 이동 호스트의 QoS 신청을 받아들인 후, 앞으로 이동호스트가 이동해 갈 셀들을 위한 RSVP tunnel을 준비한다. 포린 에이전트가 프리디션 알고리즘이 동작하지 않아 이동이 예측되는 셀에 대한 정보를 주지 않을 경우, 그 포린 에이전트의 이웃 셀을 모두 예약하도록 한다. 이동 호스트를 향한 Path 메시지가 RSVP tunnel을 통해 도착하게 되면 포워딩 해줄과 동시에 이동해갈 셀들을 목적으로 하는 RSVP tunnel을 형성하여 preparePath 메시지를 전송하게 된다. 이때 포워딩 되는 Path 메시지와 RSVP Agent가 생성한 preparePath 메시지의 SESSION\_ASSOC Object[7]의 SESSION object는 송신자-이동 호스트라는 동일한 값을 가지고 있게 된다.



[그림2] 핸드오프시의 경로 변경

[그림2]에서 보듯이 이 후 이동 호스트가 이동함으로써 인해 Coa의 변경이 생기고 새로운 path가 설정되기까지 전송되는 패킷은 RSVP Agent가 SESSION object를 확인함으로써 예약된 경로를 따르도록 보장을 해주게 된다. 이때 핸드오프 프로시저에 따라서 새로운 포린 에이전트는 RSVP Agent에게 이동 호스트의 이동을 알리는 activateFlow 메시지를 보내게 된다. 이 메시지를 받은 RSVP Agent는 예약된 tunnel을 활성화시키고 그 이동 호스트를 향한 메시지는 RSVP Agent가 decapsulation & encapsulation을 해줌으로써 이루어 지게 된다. 이러한 과정은 새로운 포린 에이전트를 향한 새로운 path가 설정되기까지 이루어 지게 된다.

즉, 최대 refresh 시간까지 동작한다.

3.4. 새로운 메시지

- *preparePath* : RSVP Agent가 포린 에이전트에게 보내는 path 메시지이다.
- *prepareResv* : 포린 에이전트가 prepared 자원을 할당하게끔 RSVP Agent에게 보내는 메시지이다.
- *prepareTear* : RSVP Agent가 이동 호스트의 이동으로 인해 더 이상 사용하지 않게 된 자원을 해제하는 메시지이다. prepared 형태의 자원은 free 형태의 자원으로 변경된다.
- *requestQoS* : 이동 호스트가 QoS 신청을 해오면 포린 에이전트는 자신을 담당하는 RSVP Agent에게 이 메시지를 주게 된다. 이 메시지는 이동호스트, 포린 에이전트의 정보와 그 포린 에이전트가 프리디션 알고리즘 수행 중이면 예측되는 옆 셀에 대한 정보까지 주게 된다.
- *activateFlow* : 이동 호스트가 이동해 오면 새로운 포린 에이전트는 RSVP tunnel을 형성한 RSVP Agent에게 이 메시지를 전송하게 되고, prepared로 예약된 자원은 reserved 자원으로 바뀌게 된다.

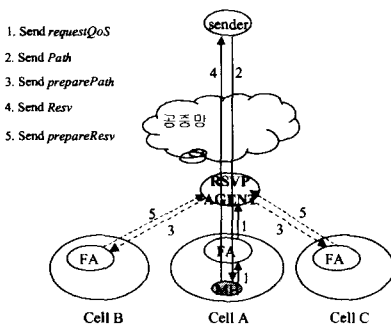
3.5. 예약 경로

Route Optimization[9]과 함께 동작하는 경로의 예약을 이야기 하고 있으므로 예약되는 경로는 최적의 경로를 따르고 있다.

3.6. 예약 셋업 (Reservation Setup)

[그림 3]에서 보는 바와 같이 예약은 다음의 과정을 거쳐 이루어지게 된다.

1. 이동 호스트는 포린 에이전트에 등록을 하면서 QoS 신청을 하게 된다. QoS 신청을 받은 포린 에이전트는 자신을 담당하는 RSVP Agent에게 *requestQoS* 메시지를 전송한다. 이 때 RSVP Agent는 이동 호스트를 위해 자신을  $R_{entry}$ , 앞으로 이동해 갈 옆 셀의 포린 에이전트들을  $R_{exit}$ 로 하는 RSVP tunnel을 준비한다.
2. 이동 호스트를 향하는 Path 메시지가 오면 이동호스트가 있는 셀의 포린 에이전트까지 Path 메시지를 포워딩 해준다.
3. 이동 호스트를 위해 준비한 RSVP tunnel로 *preparePath* 메시지를 전송하게 된다.
4. Path 메시지를 받은 포린 에이전트는 Resv 메시지를 전송하고, reserved 형태의 자원의 예약이 이루어진다.
5. *preparePath* 메시지를 받은 포린 에이전트들은 *prepareResv* 메시지를  $R_{entry}$ 를 향해 전송하고 RSVP Agent서부터 포린 에이전트까지 prepared 형태의 자원이 예약되게 된다.

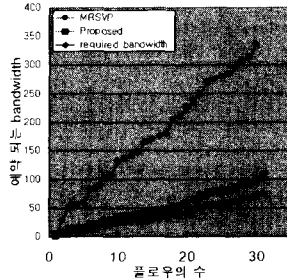


[그림 3] Reservation Setup

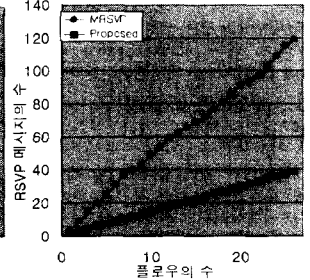
4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 프로토콜과 MRSVP[1]를 비교, 분석한다. 단순함을 위해서, MRSVP에서 사용하는 MSPEC은 3-6개의 셀로 제한하였고, 제안하는 프로토콜에서는 프리디션 알고리즘 수행 없이 이웃 셀을 모두 6개로 설정했다. 각 플로우 당 1Mbps, 2Mbps, 4Mbps를 요구하는 서비스가 20%, 50%, 30% 존재하고, 고정 호스트를 송신자, 이동 호스트를 수신자로 하고 중간에 경로를 10hop으로 하여

그 성능을 비교한다. [그림4]에서 보듯이 실제 필요한 bandwidth를 위해 MRSVP는 플로우의 수가 증가할수록 약 4-5배 이상의 bandwidth를 예약하는 반면, 제안하는 프로토콜에서는 약 1.2배 정도의 bandwidth만을 예약함으로써 불필요한 예약을 막아, QoS의 지원이 가능한 이동 호스트의 수를 늘릴 수 있음을 볼 수 있다. 그리고 [그림5]에서는 자원의 예약을 위해 주고 받아야 하는 메시지의 수, 즉 soft-state 유지 비용이 MRSVP에 비해 상당히 작은 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 송신자로부터 RSVP Agent까지 하나의 Path, Resv 메시지를 주고 받고, RSVP Agent와 포린 에이전트 간에만 *preparePath*, *prepareResv*라는 추가적인 메시지를 주고 받기 때문임을 알 수 있다. 처리해야 할 메시지 수는 중간노드를 거치는 hop수가 증가할수록 증가한다.



[그림4] 예약되는 자원



[그림5] soft-state 유지비용

5. 결론

본 논문에서는 RSVP Agent라는 새로운 컴포넌트를 구성하여 QoS를 제공하기 위한 signaling 프로토콜을 제안하였다. 제안하는 프로토콜은 송신자와 수신자간에 active한 하나의 path만이 예약되어 있고, RSVP Agent와 포린 에이전트간에만 prepared 형태로 자원이 예약되어 있으므로 soft-state를 관리하기 위한 비용과 예약된 bandwidth의 감소효과를 볼 수 있다는 점을 시뮬레이션 결과로 살펴보았다. 또한 delay binding을 지원함으로써 해서 패킷 지연시간의 감소를 가지고 온다.

6. 참고 문헌

- [1] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath and A. Acharya, "MRSVP: A Reservation protocol for an Integrated Services Packet Networks with Mobile Hosts," Tech report TR-337, Rutgers universit
- [2] I. Mahadevan and K. M. Sivalingham, "An Architecture for QoS guarantees and Routing in Wireless/Mobile Networks," WOWMOM 98
- [3] P. Paul, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial," IEEE Communications Magazine, May, 1997
- [4] X. Xiao, L. M. Ni, "Internet QoS: A Big Picture," IEEE Network, Mar. 1999
- [5] C. Metz, "RSVP: General-purpose signaling for IP," IEEE Internet Computing, May, 1999
- [6] L. Zhang, "Resource ReSerVation Protocol(RSVP - Version 1 Functional Specification), RFC 2205
- [7] A. Terzis, J. Krawczyk, J. Wroclawski and L. Zhang, "RSVP Operation Over IP Tunnels," RFC 2746
- [8] C. Perkins, "IP mobility Support," RFC 2002
- [9] C. Perkins, D. B. Johnson, "Route Optimization in MobileIP," Internet-Draft, work in progress, Feb. 1999
- [10] A. Terzis, M. Srivastava and L. Zhang, "A Simple QoS Signaling Protocol for Mobile Hosts in the Integrated Services Internet," IEEE Infocom'99
- [11] W. T. Chen and L. C. Huang, "RSVP Mobility Support: A Signaling Protocol for Integrated Services Internet with Mobile Hosts," IEEE Infocom'2000
- [12] S. K. Das, R. Jayaram, N. K. Kakani and S. K. Sen, "A Resource Reservation Mechanism for Mobile Nodes in the Internet," IEEE 49th Vehicular Technology Conferenc
- [13] S. K. Das, M. Chatterjee and N. K. Kakani, "QoS Provisioning in Wireless Multimedia Networks," IEEE WCNC'99