

# 마이크로 이동성 위한 RSVP\_Proxy에 관한 연구

정희원 박 승균\*, 오 영환\*

## A Study on the RSVP\_Proxy for Micro Mobility

Seung-Kyun Park\*, Young-Whan Oh\* *Regular Members*

### 요 약

일반적으로 Mobile IP 기술에 있어 이동 노드에게 실시간 서비스를 제공하기 위한 방안으로 RSVP 사용이 제시되고 있다. 그러나 Mobile IP와 RSVP(Resource ReSerVation Protocol) 연동시 이동 노드의 핸드오프는 등록 지연, RSVP 예약 지연 및 시그널링 오버헤드를 증가시킨다. 특히 이동 노드와 대응 노드 사이의 경로에 대한 자원 예약은 핸드오프 이전과 이후 경로가 대부분 같기 때문에 중복 예약이며, 불필요한 시그널링의 생성과 자원 낭비를 초래한다. 만약 무선 인터페이스를 제공하는 셀의 반경이 작다면 이동 노드의 핸드오프는 증가할 것이며 따라서 시그널링 오버헤드와 자원 중복 예약이 크게 증가할 것이다.

본 논문은 RSVP proxy 방안의 Cellular IP와 RSVP 통합 모델을 제안한다. Cellular IP 프로토콜은 마이크로 셀 네트워크에서 핸드오프에 의한 등록 지연, 전송 지연 및 손실을 최소화하며, RSVP proxy는 자원 중복 예약을 최소화하는 방안으로 이동 노드의 예약 주소를 사용하여 Cellular IP 외부 네트워크에서의 RSVP 세션 경로 변경이 일어나지 않도록 한다. 제안 방안은 셀 반경과 핸드오프율에 대해 자원 예약 실패 확률을 이용 기존 Mobile IP와 RSVP 연동 방안과 비교 평가하였다.

### ABSTRACT

Generally, in the Mobile IP technologies, the use of RSVP(Resource ReSerVation Protocol) is recommended in order to provide a mobile node real-time service. However, the handoff of a mobile node increases the registration delay, RSVP reservation delay and signalling overhead in the Mobile IP and RSVP interworking. Specially, the resource reservation on the path between a mobile node and a correspondent node is the duplicated reservation and then causes unnecessary creation of the signalling overhead and waste of the resource, since the majority of the path before handoff and after handoff is same. If the radius of a cell providing a wireless interface to a mobile node is small, the number of handoff will increase and also signalling overhead and duplicated resource reservation will increase.

In this paper, we proposed the integration model of Cellular IP and RSVP with RSVP proxy scheme. Here, Cellular IP protocol minimizes registration delay, transfer delay, and loss by handoff in micro cell network, the RSVP proxy that minimizes the duplication of resource reservation prevents the path for RSVP session from change using the address for reservation of a mobile node. Proposed scheme was evaluated in comparison with the existing Mobile IP and RSVP interworking scheme using the probability of resource reservation fail to the radius of a cell and the handoff rate.

\* 광운대학교(skpark@explore.kwangwoon.ac.kr)  
논문번호: #030061-0206, 접수일자: 2003년 2월 6일

## I. 서론

핸드오프에 의한 CoA(Care of Address) 변경은 첫째, 홈 에이전트와 대응 노드로의 등록 지연과 이로 인한 전송 지연 및 손실 문제를 일으키며 둘째, 이동 노드와 대응 노드 사이의 RSVP 세션 경로 변경으로 시그널링 오버헤드 증가와 새로운 RSVP 세션 경로 중 대부분 이전과 같은 경로에 대한 RSVP 예약 중복으로 인한 자원 부족 문제를 발생시킨다.

첫 번째 문제에 대한 해결책으로 MRSVP(Mobile RSVP)[6]가 제안되었으며 이것은 이웃한 모든 셀로부터 대응 노드까지의 경로에 대해 미리 예약하는 방식으로 자원의 심각한 낭비와 시그널링 오버헤드가 많은 단점이 있다. MRSVP의 단점과 두 번째 문제의 해결책으로 HMRSVP(Hierarchical MRSVP)[7]가 제안되었으며 Mobile IP registration protocol과의 통합으로 이동 노드가 도메인간 핸드오프와 같이 등록 지연이 길어질 경우에만 자원을 미리 예약하는 방안이다. 이동 노드가 동일 지역 내에서(intra-region) 이동할 때 등록 처리를 그 지역 내로 제한하여 등록 지연을 줄이기 위해 이동 노드는 두 개의 LCoA(Local CoA)와 GCoA(Global Care of Address)를 사용한다. 이동 노드는 자원 예약을 위해 GCoA를 핸드오프 이후에도 변경 없이 사용하며 LCoA는 동일 지역내 위치 변경을 GMA(Global Mobility Agent)에 알리기 위해 사용된다. 그러므로 등록 지연은 최소화 되고 이동 노드가 동일 지역내 핸드오프일 경우에 자원 예약 재설정 과정이 일어나지 않는다. 그러나 HMRSVP는 이동 노드가 두 개의 주소를 사용함에 따라 기존 Mobile IP의 변경이 요구되며 네트워크 토폴로지 또한 계층적으로 구성해야 하는 문제점과 도메인 경계에 위치한 셀에서의 시그널링 오버헤드 증가와 자원 중복 예약에 의한 자원 낭비가 발생한다. 추가적으로 이동 노드는 다른 지역으로 핸드오프하기 전에 셀간 경계를 식별하기 위한 기능이 필요하다.

본 논문에서는 네트워크 토폴로지 및 Mobile IP 프로토콜의 변경을 크게 요구하지 않고 이동성과 QoS(Quality of Service)를 동시에 지원하기 위해 RSVP proxy 방안의 Cellular IP와 RSVP의 통합 모델을 제안한다.

## II. RSVP over Mobile IP

MRSVP는 등록 지연에 의한 QoS 감소를 해결하기

위해 가까운 미래에 핸드오프할 가능성이 있는 이웃한 모든 셀과 대응 노드 사이의 경로에 대해 미리 자원을 예약하는 방식이다. 이를 위해 그림 1에서와 같이 모든 셀에는 proxy agent가 위치하며 이동 노드로부터 MSPEC(Mobility Specification)을 받아 이동 노드가 필요로 하는 자원을 대응 노드와 미리 예약을 한다. 이때 proxy agent와 대응 노드 사이의 예약된 경로를 수동적 경로(passive reservation paths)라 부르며 이 경로에는 실제 패킷 전송은 없다. 그러나 이동 노드가 핸드오프할 경우 실제 패킷 전달이 이루어지는 능동적 예약 경로(active reservation paths)로 변경 된다. 이동 전에 사용되었던 능동적 예약 경로는 동시에 수동적 경로로 바뀐다. 이러한 경우 새로운 장소에 있는 이동 노드의 필요한 자원은 원래의 능동적 예약 경로 중에 미리 예약되었던 자원이 있기 때문에 빠르게 검색되어질 수 있다. 즉, 이음매 없는 QoS 보장이 MRSVP를 사용함으로써 유지될 수 있다. 그러나 MRSVP는 자원을 미리 예약하기 위해 시그널링 오버헤드 증가와 너무 많은 자원을 낭비하는 문제가 있다. 이러한 초과 자원의 낭비는 시스템 성능을 심각하게 감소시킬지도 모른다.

Hierarchical MRSVP 프로토콜의 주요 핵심은 RSVP와 Mobile IP regional registration protocol과의 통합이며 도메인간 핸드오프와 같이 등록 지연이 길어질 경우에만 자원을 미리 예약하는 방식이다. Mobile IP regional registration protocol은 이동 노드가 동일 지역 내(intra-region)에서 이동할 때 등록 처리를 그 지역(region) 또는 도메인(domain) 내로 제한하여 등록 지연을 줄이기 위해 mobility agent(MA)들이 그림 2와 같이 계층적으로 배열된다. 지역 내 핸드오프를 위한 자원 예약 경로의 설정 시간은 일반적으로 짧다. 그러므로 HMRSVP는 이동 노드가 두 지역의 경계에 있는 셀들의 중첩된 곳을 방문하였을 경우에만 미리 자원 예약을 하여 등록 지연에 의한 QoS 감소를 방지한다.

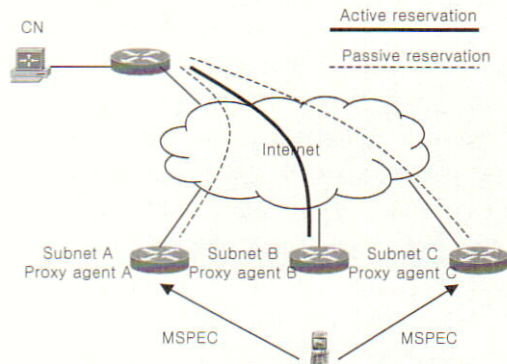


그림 1. MRSVP에서의 예약 경로



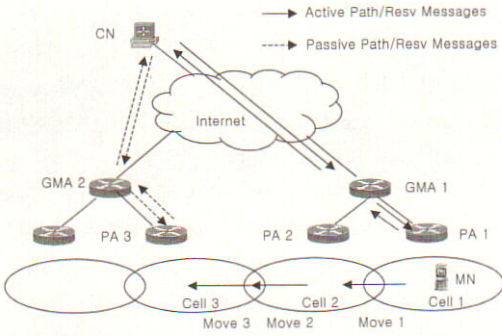


그림 2. HMRSPV의 예약 경로

그림 2는 Hierarchical MRSVP 방안에서 설정된 자원 예약 경로를 보여주고 있다. 이동 노드는 방문한 셀에서 GMA(Gateway Mobility Agent) 주소와 로컬 CoA 두개의 주소를 획득한다. 로컬 CoA는 동일한 이웃 에이전트 내에서 위치 등록에 사용되며 GMA 주소는 홈 에이전트와 대응 노드에 등록하기 위해 사용된다. 셀 1에 위치한 이동 노드는 대응 노드와 이동 노드 사이의 경로에 대해 자원을 예약하기 위해 GMA 주소를 이용하여 종단간(end-to-end)에 RSVP 경로 및 예약 메시지를 교환하여 경로 예약이 이루어지며 이때의 경로는 실제 데이터가 전달되는 능동적 경로가 된다.

이때 이동 노드의 로컬 CoA에 의해 GMA와 PA(Proxy Agent)사이의 경로에 대해 터널링이 수행된다. 만약 셀 2로 이동이 발생하면 셀 2로부터 로컬 CoA를 새로 얻게되며 이웃 에이전트의 방문자 목록에 등록이 된다. GMA 주소를 이용하여 자원 예약을 하였기 때문에 GMA와 대응 노드 사이의 경로에 대한 예약 상태는 변동이 없이 유지되며 RSVP 데이터 플로우는 GMA와 PA 사이의 터널 경로를 통해 이동 노드에 전달된다. 계속해서 이동하여 셀 3 방향으로 이동하게 되면 셀 2와 셀 3의 경계 지역에 도착하게 되며 이때 경계 지역에 위치한 이동 노드는 GMA 2 주소와 셀 3의 로컬 CoA를 얻어 이웃 에이전트 FA 2에 등록이되며 이동 노드와 대응 노드 사이의 경로에 대해 미리 자원을 예약한다. 이때의 경로는 수동적 경로(passive path)로 실제 데이터 전달을 없다. 계속해서 이동 노드가 셀 3으로 진입하면 미리 예약된 수동적 경로가 능동적 경로로 변경되며 데이터 전달이 이루어진다. 셀 2에서의 능동적 경로는 수동적 경로로 변경된다.

HMRSPV는 MRSVP가 이동 노드가 방문한 셀에

관계 없이 모든 주변 셀에 대해 미리 수동적 자원 예약을 설정하는 것과 달리 이동 노드의 등록을 지역내로 제한하여 등록 지연을 줄였으며 다른 지역의 셀로 핸드오프할 경우만 자원을 미리 예약하는 방식으로 자원 낭비를 최소화 하였다. 그러나 HMRSPV는 두지역의 경계 셀에서의 시그널링 오버헤드 증가와 자원 낭비가 발생하며, 이동 노드가 셀간 중첩된 지역에 위치하고 있음을 알 수 있는 추가적 메커니즘이 요구되는 단점이 있다.

### III. RSVP over Cellular IP

RSVP over Mobile IP 연동 기술에 있어 이동 노드가 핸드오프 할 때 등록 지연과 RSVP 예약 지연 및 동일 경로에 대한 중복된 예약을 최소화하는 것이 핵심이다. 이를 위해 그림 3과 같은 RSVP proxy 방안의 Cellular IP와 RSVP의 통합 모델을 제안한다.

제안한 방안은 이동 노드가 대응 노드 사이의 경로에 대해 자원을 예약할 때 사용된 주소를 예약 주소로 저장하여 RSVP proxy가 대응 노드 방향의 경로에 대해 핸드오프 이전에 예약된 자원 상태를 유지 및 재생을 수행하고 이동 노드로의 새로운 경로에 대해 자원 예약 재설정을 수행하는 방식이다. 이것은 자원 중복 예약을 최소화하여 불필요한 자원 낭비가 없으며 Cellular IP의 라우팅 메커니즘과 세미 핸드오프 지원으로 도메인간 핸드오프시에도 HMRSPV 같이 미리 자원 예약을 하지 않아도 등록 지연이나 예약 지연으로 인한 전송 지연이나 손실이 없다.

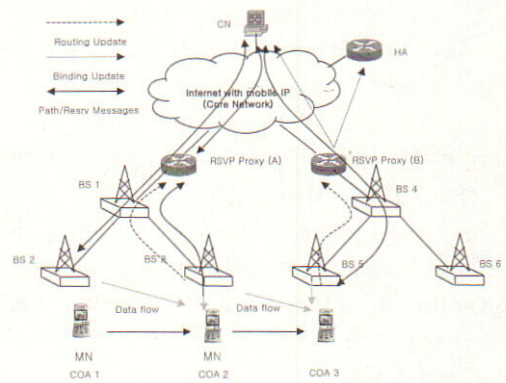


그림 3. Cellular IP와 RSVP 통합 모델

RSVP proxy는 기존 Cellular IP 게이트웨이에



위치하며 그 구조 및 기능을 수정하여 얻을 수 있다. 게이트웨이 구조에서 RSVP proxy 기능은 그림 4에서와 같이 Cellular IP 노드에 추가되어야 한다. 게이트웨이에서 상향 및 하향 링크를 통해 들어오는 RSVP 경로 및 예약 메시지나 데이터 플로우는 RSVP proxy에 의해 가로채어져 처리되며 일반 데이터 플로우나 시그널링 메시지는 Cellular IP 동작 메커니즘을 따른다.

게이트웨이 라우팅 및 페이징 캐쉬는 이동 노드의 현재 CoA를 기반으로 매핑 테이블(mapping table)을 생성 또는 업데이트하게 되는데 RSVP proxy를 사용할 경우 경로 및 예약 메시지에 사용된 최초 CoA를 RSVP 예약 주소로서 매핑 테이블에 {CoAresve, CoApresent}와 같이 생성한다. RSVP 예약 주소(CoAresve)는 이동 노드로부터 예약 제거 메시지가 수신될 때까지 유지되며 현재 CoA는 이동 노드의 핸드오프가 발생할 때 마다 업데이트된다. 대응 노드와 이동 노드 사이에서 RSVP proxy는 매핑 테이블을 참조하여 RSVP 경로 및 예약 메시지 교환을 수행하게 된다.

RSVP 시그널링 메시지 교환은 이동 노드와 대응 노드간에 종단간(end-to-end)으로 이루어지므로 RSVP proxy는 이동 노드와 대응 노드로부터 도착하는 메시지에 대해 서로 다른 처리 과정을 갖게된다. 다음은 게이트웨이의 상향 및 하향 링크를 통해 들어오는 패킷에 대한 처리 절차를 나타낸 것이다.

2. 상향 링크로부터 RSVP 경로 메시지가 도착하면 게이트웨이 패킷 필터는 이를 가로채어 RSVP proxy로 전달한다.
3. RSVP proxy는 라우팅 캐쉬에서 이동 노드의 RSVP 예약 주소(CoAresve)에 대응 되는 현재 주소(CoApresent)를 검색한다.
4. RSVP proxy는 RSVP 경로 메시지의 목적지 주소를 CoApresent으로 변경한 후 하향 링크로 포워딩한다.

■ 하향 링크로부터의 패킷 처리

1. 상향 링크로부터 일반 패킷이 도착하면 Cellular IP 노드는 상향 링크로 포워딩한다. 이때 만약 목적지 주소가 게이트웨이이라면 게이트웨이 패킷 필터는 게이트웨이 컨트롤러로 전달한다.
2. 하향 링크로부터 RSVP 예약 메시지가 도착하면 게이트웨이 패킷 필터는 이를 가로채어 RSVP proxy로 전달한다.
3. RSVP proxy는 라우팅 캐쉬에서 이동 노드의 RSVP 현재 주소(CoApresent)에 대응 되는 예약 주소(CoAresve)를 검색한다.
4. 이동 노드로부터 RSVP 예약 메시지를 받은 RSVP proxy는 이동 노드의 현재 CoA에 대응하는 RSVP 예약 주소(CoAresve)를 예약 메시지의 발신지 주소로 변경한 후 상향 링크로 포워딩한다.

IV. 성능 평가

3.1 확률적 모델

제안한 방안의 평가는 B. Jabbari<sup>[8]</sup>의 차세대 무선 네트워크의 성능 측정 및 모델링을 이용하여 신규호 발생률 및 셀 반경에 대한 호 블로킹 확률을 사용하였다. 이를 위해 다음과 같은 몇가지 가정을 두었다.

1. RSVP 예약 요구는 전화 호와 같다.
2. RSVP 예약 실패율은 호 블로킹 확률과 같다.
3. 링크의 대역은 채널과 같다.
4. 하나의 셀에서 발생하는 신규 호는  $\lambda_i$ 이며 포아송 프로세스를 따른다.
5. 이동 노드의 평균 호 유지 시간은  $1/\mu_i$ 이며  $\mu_i$ 는 지수분포를 갖는다.
6. 이동 노드가 셀에 머무르는 평균 시간은  $1/\eta_i$ 며  $\eta_i$ 는 지수분포를 갖는다.

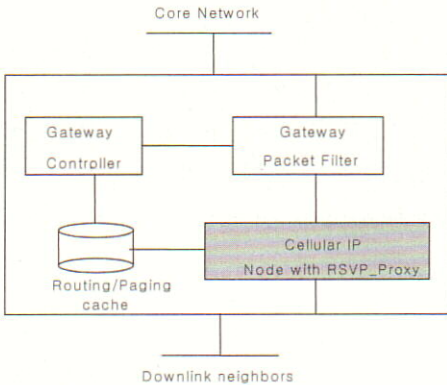


그림 4. 게이트웨이와 RSVP proxy 상호 운용

■ 상향 링크로부터의 패킷 처리

1. 상향 링크로부터 일반 패킷이 도착하면 Cellular IP 노드는 라우팅 캐쉬에서 이동 노드의 현재 주소(CoApresent)를 검색하여 해당되는 하향 링크로 포워딩한다.



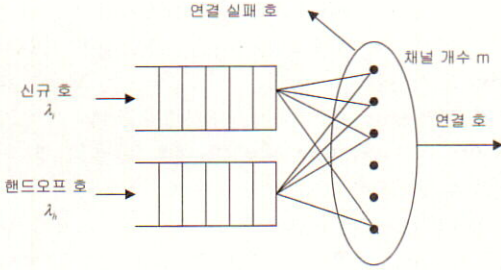


그림 5. 이동 전화 네트워크의 큐잉 모델

가정 6의  $\eta$ 는 셀 통과율(cell cross-over rate)로 이동 노드의 속도가  $v$ 이고 반경이  $r$ 인 셀에서 이동 방향이  $[0, \pi]$ 에서 균일하다면 다음과 같다.

$$\eta = \frac{2v}{\pi r} \quad (1)$$

이때 이동 노드가 이웃한 셀로 핸드오프하기 전까지 하나의 셀에 머무르는 평균 시간을  $\tau_h$ 이라 한다면 다음과 같다.

$$\tau_h = \frac{1}{\eta} \quad (2)$$

가정 5와 6에 의해 신규 또는 핸드오프 호를 위해 소비하는 평균 채널 점유 시간을  $\tau$ 이라 한다면 다음과 같다.

$$\tau = \frac{1}{\mu_c} = \frac{1}{\mu + \eta} \quad (3)$$

여기서 이동 노드의 핸드오프 확률은 식 (1), (2), (3)에 의해 다음과 같이 주어진다.

$$P_h = P(\tau) \tau_h = \frac{\eta}{(\mu + \eta)} = \eta \cdot \tau \quad (4)$$

만약 핸드오프 실패가 발생하지 않는다고 가정하고 핸드오프율을  $\nu$ 라고 정의하면 다음과 같다.

$$\nu = \frac{\tau}{\tau_h} = \frac{\eta}{\mu} \quad (5)$$

이 파라미터는 일반적으로 이동 노드가 호를 유지하는 동안의 핸드오프 시도율을 나타내며 평균 호 유지 시간에 대한 하나의 셀에 머무르는 평균 시간의 비로 주어진다.

식 (3)과 (5)을 이용하여 하나의 셀에서 이동 노드가 사용하는 채널의 평균 점유 시간은 다음과 같다.

$$\tau_c = \frac{1}{1 + \nu} \cdot \tau \quad (6)$$

신규 호  $\lambda_i$  중 핸드오프하는 호를  $\lambda_h$ 라고 하고 핸드오프 실패가 발생하지 않는다고 가정하면 다음과 같다.

$$\lambda_h = P_h(\lambda_i + \lambda_h) \quad (7)$$

$\lambda_h$ 에 대하여 다시 정리하면 다음과 같다.

$$\lambda_h = \frac{P_h}{(1 - P_h)} \cdot \lambda_i = \frac{\eta}{\mu} \cdot \lambda_i \quad (8)$$

여기서  $P_h/(1 - P_h)$ 는 핸드오프율을 나타내며 식 (5)에 의해 다음과 같이 근사화 된다.

$$\lambda_h \approx \nu \cdot \lambda_i \quad (9)$$

그림 4에서와 같이 하나의 셀에 발생하는 트래픽은 크게 두 가지로 나뉘며 가드 채널(guard channel) 없이  $m$ 개의 채널을 가지고 있고 새로 발생하는 트래픽이 포아송 프로세스를 따른다고 가정하면 핸드오프시 호 블로킹 확률은 Erlang-B 공식에 의해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_b = \frac{(\rho_i + \rho_h)^m / m!}{\sum_{k=0}^{m-1} (\rho_i + \rho_h)^k / k!} \quad (10)$$

여기서  $\rho_i + \rho_h$ 는 하나의 셀에서 발생하는 전체 부하를 나타내며 신규 호와 핸드오프 호에 의해 발생하는 부하의 합이다. 여기서 신규호 및 핸드오프 호에 대한 부하는 각각  $\rho_i = \lambda_i / \mu_c$ ,  $\rho_h = \lambda_h / \mu_c$  나타낸다.

식 (10)은 이동 노드가 셀룰러 네트워크에서 핸드오프 도중 발생할 수 있는 호 블로킹 확률이며 이것은 가정 1에 의해 RSVP 예약 요구 실패율로 사용될 것이다. 또한 하나의 셀에서 발생하는 신규 호  $\rho$ 는 이동 노드가 RSVP 자원 예약을 하기 위한 호로  $\rho_h$ 는 이동 노드가 이전 셀에서 자원을 예약 사용 도중에 핸드오프하며 새로운 자원 예약 재설정을 위한 호를 나타낸다. RSVP 연동 모델에 있어 하나의 셀에서 자원을 예약 사용 중인 이동 노드가 이웃한 셀로 핸드오프 한 이후에도 일시적 상태(soft state)에 의한 자원 관리 메커니즘에 의해 핸드오프 이전 RSVP 세션에 대해 재생 주기(refresh period)가 적용되어 추가 부하가 발생하게 된다. 재생 주기를  $d$ ,라고 하면 이동 노드의 핸드오프 이후에 발생하는 추가 부하는  $\lambda_h \cdot d$ ,이 될 것이다.

하나의 셀에서 발생하는 전체 부하를  $L_{RSVP}$ 라고 하면 다음과 같다.

$$L_{RSVP} = \rho_i + \rho_h + \lambda_h \cdot d_r \quad (11)$$

식 (10)과 (11)를 통해 RSVP 연동 모델에서의 QoS는 이동 노드가 하나의 셀에서 시도하는 자원 예약이 얼마나 성공하느냐가 그 척도가 됨을 알 수 있으며, 또한 이것은 하나의 셀에서 발생하는 전체 트래픽 양에 의해 결정 됨을 알 수 있다.

다음은 기존 RSVP 연동 모델인 MRSVP와 HMRSVP에서의 트래픽 발생을 위해서 사용한 가정과 큐잉 모델을 이용하여 살펴 본다. 셀룰러 네트워크에서의 자원 예약 메커니즘에 의해 발생하는 전체 트래픽 양이 결정된다. 첫 번째 MRSVP의 자원 예약 메커니즘은 핸드오프 이전에 이동 노드가 이웃한 모든 셀로부터 자원을 미리 예약하는 방식이므로 하나의 셀에서 발생하는 신규호  $\lambda_i$ 는 이웃한 셀의 개수  $N$ 의 배수만큼 증가하게 된다. 그러므로 하나의 셀에서 발생하는 전체 부하는 다음과 같다.

$$L_{MRSVP} = \lambda_i \cdot N + \lambda_h + \lambda_h \cdot d_r \quad (12)$$

$$= \rho_i \cdot N + \rho_h(1 + d_r)$$

두 번째 HMRSVP에서는 이웃한 도메인의 경계에 위치한 셀에서 이동 노드가 셀간 경계 지역에서 자원을 미리 예약 하는 방식이므로 하나의 셀에서의 트래픽 발생량은 도메인 경계 지역의 셀과 그렇지 않은 셀에는 차이가 있다. 일반적으로 하나의 셀에서 발생하는 평균 신규호를  $\lambda_h$ , 평균 핸드오프호를  $\lambda_h'$ 라고 가정했을 때 경계 지역에 위치한 셀들에서 발생하는 부하는 MRSVP의 경우와 유사하다. 그러나 HMRSVP에서는 핸드오프 이전 셀에서 예약 사용한 자원을 핸드오프 이후 반환하기 때문에 재생 주기  $d_r$ 에 의한 추가 부하는 발생하지 않는다.

도메인 경계 지역에 위치한 셀에서의 전체 부하는 다음과 같다.

$$L_{HMRSVP-boundary} = \lambda_i + \lambda_h + \lambda_h' \quad (13)$$

$$= \rho_i + \rho_h + \rho_h'$$

여기서  $\lambda_h'$ 는 그림 6에서와 같이 도메인 경계 셀에서 셀간 경계 지역에 위치하고 가까운 미래에 핸드오프할 가능성이 있는 이동 노드에 의한 호를 나타낸다.

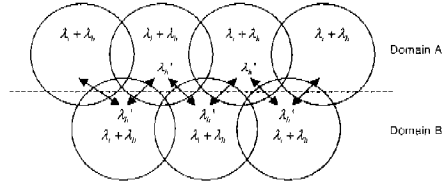


그림 6. 도메인 경계 셀에서의 트래픽

만약 이웃한 도메인의 셀의 반경  $r$ , 이동 노드의 속도  $v$ , 신규 호 발생이  $\lambda_i$  등이 같은 조건을 갖는다고 가정하면 도메인 경계 셀에서 핸드오프할 확률  $P_h'$ 와 핸드오프할 트래픽은  $\lambda_h'$ 는 각각 다음과 같다.

$$P_h' = P_h \cdot \frac{n}{m} \quad (14)$$

여기서  $P_h$ 는 어떤 하나의 셀에서 핸드오프할 확률을 나타내며,  $n$ 은 도메인 경계에 위치한 이웃한 하나의 셀과 경계를 이루고 있는 다른 도메인의 셀의 수이고  $m$ 은 하나의 셀과 이웃한 셀들의 수이다.

$$\lambda_h' \cong \frac{P_h'}{(1 - P_h')} \lambda_i = \lambda_h \cdot \frac{n}{m} \quad (15)$$

한편 도메인 경계 지역에 위치하지 않은 셀에서는 신규 호와 핸드오프 호에 의해서만 부하가 발생하며 식 (13)에서와 마찬가지로 재생 주기  $d_r$ 에 의한 추가 부하는 없기 때문에 하나의 셀에서 발생하는 부하는 다음과 같다.

$$L_{HMRSVP-nonboundary} = \lambda_i + \lambda_h = \rho_i + \rho_h$$

본 논문에서 제안한 RSVP proxy 방안은 재생 주기  $d_r$ 에 의한 추가 부하가 없으며, HMRSVP와 달리 도메인 내 모든 셀들에서 발생하는 트래픽은 신규 호 및 핸드오프 호에 의해서만 발생한다. 즉, 도메인 경계 지역에 위치한 셀들과 그렇지 않은 셀들간에는 발생하는 부하는 같다. 하나의 셀에서 발생하는 부하는 다음과 같다.

$$L_{RSVP-proxy} = \lambda_i + \lambda_h \quad (17)$$

$$= \rho_i + \rho_h$$

결과적으로 호 블로킹 확률 또는 RSVP 자원 예약 실패 확률  $P_h$ 는 근본적으로 신규호와 핸드오



프 호의 발생률 그리고 자원 예약 메커니즘에 따라 달라짐을 알 수 있다.

일반적으로 그림 6 (a)에서와 같이 도메인은 몇 개의 셀들로 구성되며 도메인 내 셀들로부터 발생하는 트래픽은 (b)에서와 같이 셀룰러 네트워크의 게이트웨이를 통과하게 된다. 이때 셀과 게이트웨이 사이의 경로에 충분한 대역이 제공된다 하더라도 게이트웨이와 셀룰러 네트워크를 인터넷에 연결해주는 코어 라우터(Core Router) 사이의 경로인 링크 LinkC\_G에서 트래픽의 병목이 발생하게 된다. 그러므로 셀룰러 네트워크에서 이동 노드가 자원을 예약을 시도하거나 자원 예약 및 사용 중인 상태에서 핸드오프하여 새로운 자원의 예약을 요구할 때 예약 실패 확률은  $P_b$ 는 도메인 전체에서 발생하는 신규 자원 예약 트래픽과 핸드오프를 위한 자원 예약 트래픽의 량과 LinkC\_G의 대역폭에 의해 결정된다.

RSVP, MRSVP, HMRSVP 그리고 RSVP proxy의 경우에 대해 자원 예약 실패 확률을 구하기 위해 그림 7 (b)와 같은 네트워크 토폴로지를 적용하여 도메인 내에서 발생하는 전체 트래픽 발생을 파라미터  $\rho$ 를 통해 살펴본다. 첫 번째 RSVP의 경우 하나의 셀은 하나의 서브넷을 구성하므로 이러한 몇 개의 셀들이 동일 게이트웨이를 통해 셀룰러 네트워크 외부와 연결된다고 가정한다면 발생하는 전체 트래픽은 셀의 개수  $N$ 과 식 (12)에 의해 다음과 같이 계산되어 진다.

$$L_{RSVP-total} = (\rho_i + \rho_h + \lambda_h \cdot d_r) \cdot N = L_{RSVP} \cdot N \quad (18)$$

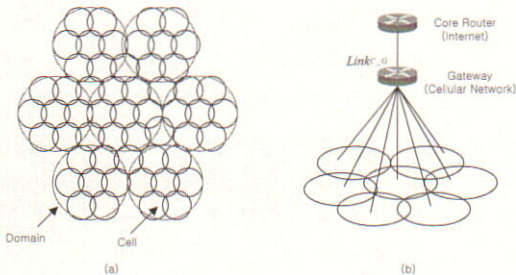


그림 7. 도메인 구성(a) 및 셀룰러 네트워크 토폴로지(b)

두 번째 MRSVP의 경우 발생하는 트래픽은 식 (13)에 의해 다음과 같다.

$$L_{MRSVP-total} = (\rho_i \cdot N + \rho_h(1 + d_r)) \cdot N = \rho_i \cdot N^2 + \rho_h(1 + d_r) \cdot N = L_{MRSVP} \cdot N \quad (19)$$

세 번째 HMRSVP의 경우 전체 트래픽 발생은 도메인 경계 지역 셀에서 발생하는 트래픽과 경계 지역에 있지 않은 셀에서의 트래픽의 합으로 나타난다. 그러나 HMRSVP에서는 이동 노드가 핸드오프하더라도 도메인 외부 경로에 대한 자원 예약 재설정 과정이 발생하지 않기 때문에 게이트웨이와 코어 라우터 사이의 링크에는 핸드오프 호에 의한 트래픽은 보이지 않게 된다. 만약 도메인을 구성하는 셀들의 수가  $N$ 이고 경계 지역에 위치한 셀들의 수가  $m$ 일 때 그림 7 (a)와 같은 형태로 도메인 구성되었다면  $m = 6, 12, 18, 24, \dots$  이 될 것이다. 도메인 경계에 위치한 셀들과 이웃한 다른 도메인의 셀 수는 총  $m + 6$  이 된다. 또한 경계 지역에 위치한 셀과 이웃한 다른 도메인의 셀 수  $n = 3$  이므로 핸드오프하는 트래픽은 식 (14)와 (15)에 의해  $\lambda_h' = \lambda_h \cdot 1/2$  된다. 그러므로 도메인 경계 지역의 모든 셀에서 발생하는 트래픽은 다음과 같다.

$$L_{HMRSVP-boundary-total} = \lambda_i \cdot m + (\lambda_h' \cdot 2) \cdot m = \lambda_i \cdot m + ((\lambda_h \cdot \frac{1}{2}) \cdot 2) \cdot m = \lambda_i \cdot m + \lambda_h \cdot m \quad (20)$$

식 (20)에서  $\lambda_h' \cdot 2$ 는 도메인 경계 지역에 위치한 셀로 다른 도메인에서 핸드오프하는 호와 핸드오프 할 호가 같기 때문에 나타난다. 결과적으로 도메인 경계 지역에 위치한 모든 셀에서 발생하는 핸드오프 트래픽은 경계 지역에 위치한 셀과 경계를 이루고 있는 셀의 수  $m$ 의 배수가 된다.

도메인의 경계에 있지 않은 셀들로 발생하는 트래픽은 다음과 같다.

$$L_{HMRSVP-nonboundary-total} = \lambda_i \cdot (N - m) \quad (21)$$

식 (20)과 (21)의 합에 의해 HMRSVP에서의 전체 트래픽을 구할 수 있다.

$$L_{HMRSVP-total} = \lambda_i \cdot N + \lambda_h \cdot m \quad (22)$$

마지막으로 RSVP proxy의 경우를 살펴 보면 HMRSVP와 마찬가지로 도메인 경계 지역에 위치한 셀과 그렇지 않은 셀에서 발생하는 트래픽은 차디가 있다. HMRSVP와의 차이점은 아직 핸드오프하지 않은 호에 대해 자원을 미리 예약하지 않으므로 핸드오프할 트래픽에 대한 부하가 없다는 것이다. 그러므로 경계 지역 셀에 대한 트래픽을 다음과 같다.



$$L_{RSVP-proxy-boundary-total} = \lambda_i \cdot m + \lambda_h \cdot \frac{1}{2} m \quad (23)$$

도메인 외부 경로에 대해 이동 노드의 핸드오프에 의한 자원 예약 재설정 발생하지 않으므로 게이트웨이와 코어 라우터 사이의 링크에는 핸드오프에 의한 트래픽은 보이지 않게 된다. 그러므로 도메인 경계 지역에 위치하지 않은 셀에서의 트래픽 발생은 HMRSVP와 같은 결과가 된다.

$$L_{RSVP-nonboundary-total} = \lambda_i \cdot (N-m) \quad (24)$$

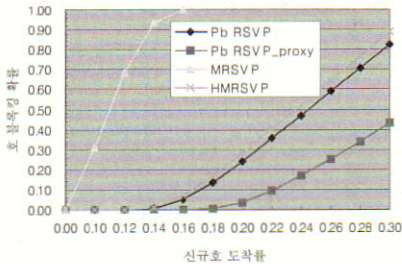
도메인 내 전체 트래픽 발생은 결과적으로 위 식 (23)과 (24)의 합으로 나타난다.

$$L_{RSVP-total} = \lambda_i \cdot N + \lambda_h \cdot \frac{1}{2} \cdot m \quad (25)$$

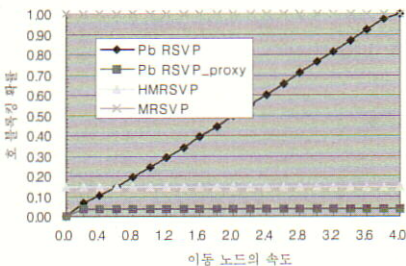
### 3.2 평가 결과

성능 평가를 위해 그림 7 (b)와 같은 네트워크 토폴로지를 사용하였으며, 이동 노드의 환경 파라미터 값으로 하나의 도메인을 구성하는 셀의 수  $N=7$  셀 반경  $r=50\sim 200m$  이동 노드의 속도  $v=1\sim 4m/s$  신호 도착률  $\lambda_i=0.1\sim 0.4$  LINK<sub>CG</sub>의 채널수  $m=128$  재생 주기  $d_r=90$ 을 적용하였다.

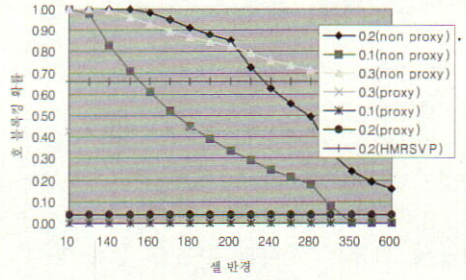
그림 8 (a)에서 (d)까지는 도메인 전체에 대한 여러 환경 파라미터에 따른 결과를 보여 주고 있다.



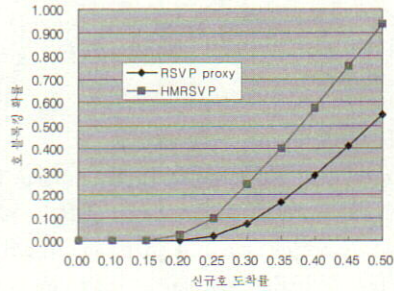
(a)  $v=1m/s$



(b)  $\lambda_i=0.2$



(c)  $v=1m/s$



(d)  $v=1m/s$

그림 8. 이동 노드의 환경 파라미터에 따른 호 블로킹 확률

MRSVP는 RSVP만이 적용된 것보다 오히려 성능이 많이 떨어짐을 보여주고 있다. 또한 RSVP proxy 방안이 HMRSVP에 비해 약 10% 정도 우수함을 알 수 있다. 이것은 도메인 경계 지역 셀에서 이동 노드들이 MRSVP와 같은 자원 예약 메커니즘을 따르기 때문에 발생하는 것이다. 그림 (d)는 도메인 경계 지역에 위치한 하나의 셀에서의 호 블로킹 확률 결과로 채널수  $m=32$  이동 노드의 속도  $v=1m/s$  셀 반경  $r=200m$  신규호 도착률  $\lambda_i=0.0\sim 0.5$  적용하였다. 신규호 도착률이 0.5일 때 약 44%의 차이를 보이고 있다.

## V. 결론

본 논문의 연구 목적은 셀 반경이 작아 핸드오프 가능성이 많은 셀룰러 네트워크에서의



Mobile IP 및 RSVP 연동 방안에서 등록 지연과 예약 지연에 의한 시그널링 오버헤드를 최소화하고 동일 경로 상에서의 자원 중복 예약을 줄이기 위한 방법에 대한 것이다. 본 논문에서 제안한 RSVP proxy 방안의 Cellular IP와 RSVP 통합 모델은 이러한 문제를 해결할 수 있다. 제안한 방안의 성능을 평가하기 위해 이동 전화 네트워크의 호 블로킹 개념을 도입하였으며 확률의 수치적 결과를 통해 이를 입증하였다. 향후 과제로 RSVP\_Proxy의 구체적 설계 및 구현이 필요하며 시뮬레이션을 통한 성능 평가가 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] D.Johson and C.Perkins, "Mobile IPv6," IETF Inter Draft, April 2000.

[2] Campbell, A.T., Gomez, J., Sanghyo Kim, Chieh-Yih Wan, Turanyi, Z.R., Valko, A.G., "Comparison of IP micromobility protocols," IEEE Wireless Communications, pp. 72-82, Volume: 9 Issue: 1, Feb 2002.

[3] Zach D.Shelby, Andrew Campbell Chieh-Yih Wan, "Cellular IPv6<draft-shelby-cellularip6-01.txt>," IETF Inter Draft, July 2001.

[4] R.Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin, *Resource ReSerVation Protocol(RSVP)*, RFC 2205, September 1997.

[5] A.K. Talukdar, B. R. Badrinath, and Arup Acharya, *MRSVP: A Reservation Protocol for Integrated Service Packet Networks with Mobile Hosts*, Technical Report: DCS-TR-337, RutgersUniversity, USA.

[6] Chien-Chao Tseng, Gwo-Chuan Lee, and Ren-Shiou Liu, "HMRSVP: a hierarchical mobile RSVP protocol," Distributed Computing Systems Workshop, 2001 International Conference on, pp. 467-472, Apr 2001

[7] Paskalis, S., Kaloxylos, A., Zervas, E. and Merakos, L., "Evaluating the RSVP mobility proxy concept," Personal, Indoor

and Mobile Radio Communications, 2002. The 13th IEEE International Symposium on , pp. 270-274, Volume: 1, 2002.

[8] Jabbari, B., "Teletraffic aspects of evolving and next-generation wireless communication networks," IEEE Personal Communications, pp.4-9, Volume 3: Issue: 6, Dec 1996

박 승 균(Seung-Kyun Park)

정회원



1993년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업

1995년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 석사

2001년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 박사수료

<주관심분야> 네트워크 관리, Mobile IP

오 영 환(Young-Whan Oh)

정회원

한국통신학회 논문지 제27권 2제12C호 참조