

마이크로 셀룰러 네트워크에서의 CRSVP기반 QoS 보장 기법

정은영⁰ 박상윤 엄영익
성균관대학교 정보통신공학부 분산시스템 연구실
{ifthen⁰, bronson, yieom}@ece.skku.ac.kr

CRSVP-based QoS Guaranteeing Scheme in Micro Cellular Networks

Eun-Young Chung⁰, Sang Yun Park, Young Ik Eom
School of Of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan Univ.

요 약

이동 컴퓨팅 환경에서 양질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 트래픽에 대한 QoS가 보장되어야 한다. 그러나 기존의 자원 예약 기법은 유선 네트워크를 위해 설계된 것이므로 무선 이동 네트워크에서의 QoS 보장 문제를 상당 부분 해결하지 못하고 있는 실정이다. 또한 최근에는 마이크로 셀룰러로 구성된 네트워크가 증가함에 따라 빈번한 핸드오버로 인한 전송 지연 문제와 이동호스트(MN: Mobile Node)의 위치 이동을 신속하게 제어해야 하는 문제 등이 발생하고 있다. 따라서 이러한 마이크로 셀룰러 환경에서는 기존의 Mobile IP와 RSVP 연동기법을 사용하는 것만으로는 한계가 있다. 본 논문에서는 마이크로 셀룰러 네트워크에서 QoS를 보장하기 위해 CRSVP(Cellular RSVP Protocol)라는 새로운 프로토콜을 제안한다.

1. 서 론

이동 컴퓨팅 환경의 대중화와 무선 통신 기술의 발달로 인해 무선 인터넷을 기반으로 한 멀티미디어 컴퓨팅에 대한 관심이 증대하고 있다. 이동 컴퓨팅 환경에서 양질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 무선 네트워크상의 멀티미디어 서비스를 위한 QoS가 보장되어야 한다. 대표적인 자원 예약 프로토콜인 RSVP(Resource ReSerVation Protocol)[1]는 IntServ 모델을 위한 네트워크 자원 예약 프로토콜로서 실시간 응용을 위해 능동적인 네트워크 자원 예약 기능을 제공한다. 그러나 RSVP는 유선 네트워크를 위해 설계되었기 때문에 무선 이동 네트워크에서의 MN의 이동성에 의한 QoS 보장 문제를 해결해 주지 못하고 있는 실정이다.

또한 최근에는 셀의 크기가 매크로 셀(macro cell)에서 마이크로 셀(micro cell), 피코 셀(pico cell)로 작아지는 추세를 보이고 있으며, 이에 따라 마이크로 셀간에 빈번한 핸드오버가 발생할 수 있고 MN의 위치 이동을 신속하게 제어해야 하는 문제가 발생한다. 이러한 마이크로 셀룰러 네트워크에서 QoS를 보장하기 위해서는 기존의 Mobile IP와 RSVP를 연동하는 기법만으로는 한계가 있다. 마이크로 셀룰러 네트워크에서 기존의 Mobile IP와 RSVP 연동기법을 사용할 경우, MN의 잦은 핸드오버로 인한 과도한 시그널링 부하와 패킷 손실 문제, MN이 방문할 가능성이 있는 인접 셀들의 자원에 대한 예측 자원 예약으로 인한 대역폭 낭비의 문제 등을 간과할 수 없다. 본 논문에서는 마이크로 이동성(micro mobility)을 제공하기 위해 고안된 프로토콜인 Cellular IP 환경에서 QoS를 보장하기 위한 새로운 프로토콜을 제안한다.

2. 관련 연구

마이크로 이동성은 같은 서브넷 내의 셀들 사이에서의 이동성을 의미하며, 서브넷 간 이동성(intrasubnet mobility)이라는 용어를 쓰기도 한다. 본 장에서는 기존의 마이크로 셀 환경에서의 자원 예약 기법과 Cellular IP 환경에 대해 소개한다.

2.1 마이크로 이동성 지원 기법

2.1.1 HMRSVP (Hierarchical Mobile RSVP Protocol)

HMRSVP[2]는 Tseng이 제안한 프로토콜로 지역적 등록 기법(regional registration)을 사용하여 이동 컴퓨팅 환경에서 이동성에 제한 받지 않는 독립적인 자원 예약 기능을 제공한다. HMRSVP는 RSVP와 Mobile IP를 결합하여 지역(region)내 또는 지역 간 핸드오버시에 발생하는 지연을 감소하였다. Mobile IP 지역적 등록 프로토콜은 MN이 지역 내에서 핸드오버 할 경우 등록 범위를 지역 내로 한정시킨다. 이 때, 지역이란 라우터들의 하나의 클러스터 구조 또는 캠퍼스 네트워크 범위 내에 포함되는 하위 네트워크를 의미한다. HMRSVP에서는 MN이 두 지역이 접친 경계에 도달했을 때만 인접한 지역에 대해 passive 자원 예약을 수행함으로써 인접 지역에 대한 passive 자원 예약 횟수와 자원 예약 중단의 확률을 낮출 수 있다.

2.1.2 CBQ(Class Based Queuing)를 사용한 개선된 MRSVP

Mahadevan은 마이크로 셀룰러 네트워크에서 CBQ를 사용한 자원 예약 기법[3]을 제안하였다. 이 기법은 이동 네트워크에서 QoS를 보장하기 위하여 RSVP를 확장하였다. MN이 위치한 셀의 BS(Base Station)는 MN의 이동을 대비하여 인접 셀을 예약한다. 이 때, 인접 셀이 동일 QoS 도메인에 속해 있을 경우, passive 자원 예약은 현재 셀의 BS와 인접 셀의 BS간에 수립되며, 인접 셀이 다른 QoS 도메인에 속해 있을 경우, passive 자원 예약은 인접 셀의 BS와 게이트웨이 사이에 수립된다. MN이 자원 예약된 셀로 이동할 때 passive 자원 예약은 active 상태로 전환되고 데이터는 active 상태로 전환된 자원 예약 경로를 통하여 전달된다.

Mahadevan의 기법은 passive 자원 예약 기능을 지원해야 하는 대상을 BS와 게이트웨이로 축소함으로써 MRSVP의 단점을 일부 개선하였다. 그러나 인접 셀을 미리 예약함으로써 끝없는 자원 예약 경로의 확장이 발생할 우려와 MN이 동일 QoS도메인 내에서 이동을 계속할 경우, 자원 예약 경로의 순환 문제 등에 단점을 내포하고 있다.

2.2 Cellular IP

Cellular IP[4]는 이동 네트워크에서 마이크로 이동성을 제공하기 위해 제안된 프로토콜이다. 이러한 프로토콜은 핸드오버 처리가 빠르고 MN의 위치 이동을 신속하게 제어하며 매크로 이동성 지원을 위해 기존의 Mobile IP 네트워크와 연동한다. Cellular IP 환경은 하나의 Cellular IP 게이트웨이가 관리하는 Cellular IP 네트워크로 구성되며,

Cellular IP 게이트웨이는 Mobile IP 환경에서 FA(Foreign Agent)의 역할을 담당한다.

Cellular IP는 MN의 위치에 관한 정보를 저장하기 위해 두 개의 캐쉬를 사용한다. 라우트 캐쉬는 active 상태인 MN에 대한 경로 정보를 저장하고 있고 페이징 캐쉬는 active 상태와 idle 상태인 MN에 대한 경로 정보를 모두 저장하고 있다.

페이징 캐쉬가 관리하는 특정 셀 영역을 페이징 영역(paging area)이라고 하며 각 페이징 영역은 고유의 식별자를 가지고 있다. 게이트웨이는 주기적으로 Cellular IP 네트워크 ID, 게이트웨이의 주소, 게이트웨이에 의해 생성된 일련번호, 페이징 영역의 ID와 같은 정보들을 방송한다. Cellular IP 네트워크에서의 각 노드들은 이러한 정보들을 BS에게 전송하고 BS는 이를 비콘 시그널에 포함하여 방송한다. MN은 BS의 비콘 시그널로부터 받은 정보를 기반으로 데이터를 hop-by-hop 방식으로 게이트웨이까지 전달한다. 이러한 데이터 패킷들은 라우트 캐쉬를 생성하거나 업데이트 한다. 이동 호스트로 전송되는 패킷들은 라우트 캐쉬를 이용하여 MN에게 전달된다. idle 상태인 MN이 새로운 페이징 영역으로 이동하게 되면 반드시 페이징 업데이트 패킷을 전송해야 하며 페이징 업데이트 패킷은 BS에서 게이트웨이까지 hop-by-hop 방식으로 찾아가며 페이징 캐쉬의 내용을 업데이트 한다.

3. CRSVP (Cellular RSVP Protocol)

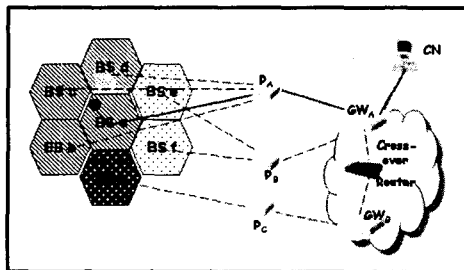
본 논문에서 제안하는 프로토콜은 마이크로 이동성을 제공하기 위해 Cellular IP 환경을 기반으로 하고 있으며, QoS를 보장하기 위해 RSVP를 확장하였다. 본 논문에서는 라우팅 도메인을 하나의 CIP(Cellular IP) 네트워크로 한정한다. 또한 각 BS는 모든 인접 셀의 BS의 IP 주소를 알고 있으며 인접 셀의 BS와 통신가능하다고 가정한다.

CRSVP에서 현재 MN이 위치하고 있는 셀의 BS는 자신의 CIP 네트워크 ID, CIP 게이트웨이의 주소, 페이징 영역의 ID주소를 포함하고 있는 Cell Advertisement 메시지를 인접 셀에게 전송한다. Cellular IP 게이트웨이는 주기적으로 CIP 네트워크 ID, CIP 게이트웨이의 주소, 페이징 영역의 ID등의 정보를 방송한다. 따라서 BS를 포함한 CIP 네트워크 내의 모든 노드들은 자신이 속한 CIP 네트워크 정보와 페이징 영역에 대한 정보를 알고 있다. Cell Advertisement 메시지를 받은 BS들은 현재 MN의 위치를 파악하여 자신의 CIP 네트워크 정보와 페이징 영역에 대한 정보를 기반으로 어느 범위까지 대역폭을 미리 예약해야하는지를 결정한다.

Cell Advertisement 메시지를 보낸 BS와 현재 BS가 같은 페이징 영역에 속할 경우, 현재 BS로부터 페이징 캐쉬를 가지고 있는 노드까지 pre-reservation이 성립된다. 만약 현재 BS와 Cell Advertisement 메시지를 보낸 BS가 같은 CIP 네트워크에 속해 있으나 페이징 영역은 다르다면 현재 BS로부터 CIP 게이트웨이까지만 pre-reservation이 성립된다. Cell Advertisement 메시지를 보낸 BS와 현재 BS가 다른 CIP 네트워크에 속해있을 경우는 현재 BS로부터 Cell Advertisement 메시지를 보낸 BS가 속해있는 CIP 게이트웨이까지 pre-reservation이 성립된다.

3.1 네트워크 구조와 동작

그림 1은 CRSVP의 네트워크 구조도를 보여준다.



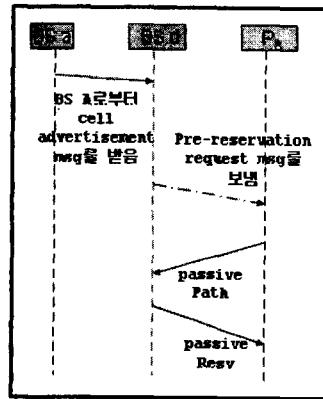
[그림 1] CRSVP 네트워크 구조

PA, PN, PC는 페이징 캐쉬가 존재하는 노드이며 CRSVP에서는 이러한 노드가 CIP 게이트웨이로 통하는 바로 직전의 다운링크 노드 상에 위

치하도록 네트워크를 구성한다. BS a, BS b, BS c, BS d는 CIP 게이트웨이 A가 관리하는 CIP 네트워크에 속해있으며, PA가 관리하는 페이징 영역 A에 속해있다. BS e와 BS f는 CIP 게이트웨이 A가 관리하는 CIP 네트워크에 속해있으나 PN가 관리하는 페이징 영역 B에 속해있다. BS g는 CIP 게이트웨이 B가 관리하는 CIP 네트워크에 속해있는 노드이다. 일의의 BS n이 관리하는 셀을 편의상 셀 BS n이라고 부르기로 한다.

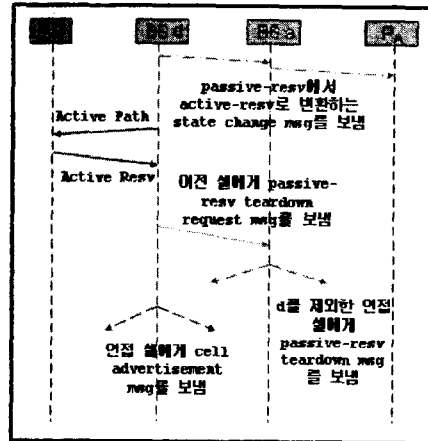
현재 MN이 BS a에 위치해있을 경우, BS b, BS c, BS d는 페이징 캐쉬가 존재하는 PA까지 pre-reservation이 성립되며 BS e와 BS f는 각 BS의 위치로부터 GWA까지 pre-reservation이 성립된다. BS g는 GWA까지 pre-reservation이 성립된다.

그림 2는 BS d가 pre-reservation을 수립하는 과정을 보인다. BS d는 BS a와 같은 페이징 영역 내에 위치하므로 페이징 캐쉬가 존재하는 노드 PA까지 pre-reservation request 메시지를 보내고 PA와 BS d 사이에 passive reservation이 성립된다.



[그림 2] BSd에서 pre-reservation 수립과정

그림 3은 MN이 셀 BS d로 핸드오프 했을 때의 동작과정을 보인다.



[그림 3] MN이 셀 BSd로 핸드오프 했을 때의 동작과정

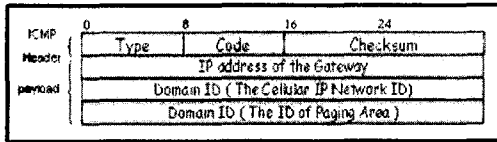
MN이 인접 셀 BS d로 이동했을 경우, 현재 passive reservation 상태로 예약되어 있는 PA와 BS d 사이의 대역폭을 active reservation 상태로 전환하는 State Change 메시지를 보낸다. 다음으로 BS d와 MN 사이의 대역폭을 예약한다. BS d는 BS a에게 이전 셀에서의 pre-reservation을 해제할 것을 요구하는 메시지를 보내며 이를 받은 BS a는 BS d를 제외한 인접 셀에 대한 passive reservation을 해제한다. 현재 MN이 위치하고 있는 셀의 BS d는 앞서와 동일한 방법으로 인접 셀을 예약하기 위해 Cell Advertisement 메시지를 보낸다. MN

이 셀 a에서 셀 e나 셀 g로 이동했을 경우도 같은 방법으로 동작하나, 셀 g로 이동했을 경우 BS g와 GWa사이에 passive reservation이 active reservation으로 전환된 후 경로 최적화를 통해 GWa와 크로스오버 라우터와의 예약은 해제된다.

MN이 송신자일 경우는 위에서 언급한 MN이 수신자일 경우와 유사하나, pre-reservation을 수립하는 과정에서 Pre-reservation Request 메시지를 전송하지 않고 바로 passive path를 보낸다는 차이가 있다.

3.2 메시지 타입

CRSVP에서는 다섯 개의 컨트롤 메시지 타입을 소개한다. Cell Advertisement 메시지, Pre-reservation Request 메시지, State Change 메시지, Passive Reservation Teardown Request 메시지, Passive Reservation Teardown 메시지는 모두 CRSVP 컨트롤 메시지이다. CRSVP 컨트롤 메시지는 ICMP 패킷이며 CRSVP Control Packet이라는 고유 타입을 가진다. 그림 4는 Cell Advertisement 메시지의 PDU를 보인다.



[그림 4] Cell Advertisement 메시지의 PDU

Pre-reservation Request 메시지는 Cell Advertisement 메시지를 받은 BS의 IP를 근원지 주소로 가진다. Pre-reservation Request 메시지의 목적지 주소는 MN이 위치한 BS와 현재 BS가 같은 CIP 네트워크에 속해있는지 혹은 같은 페이징 영역에 속해있는지에 따라 달라진다. State Change 메시지는 hob-by-hob으로 전송되므로 목적지 주소는 Passive RSB 상의 다음 홉 주소가 된다.

3.3 알고리즘

본 장에서는 CRSVP의 주요 알고리즘에 대해 기술한다. 표 1은 알고리즘에 사용된 기호에 대해 설명한다.

[표 1] 알고리즘에 사용된 주요 기호의 설명

표기	설명
M_i	1번째 메시지
N_s	메시지를 보낸 노드
N_i	메시지를 받은 인의의 노드
$Adj(N_i)$	노드의 인접 셀 목록
$N_i.IP_{CNODE}$	현재 노드의 IP
$N_i.IP_{PNODE}$	노드가 속한 페이징 영역 내 페이징 캐쉬를 가지고 있는 노드의 IP
$N_i.IP_{GW}$	노드가 속한 CIP 네트워크의 게이트웨이 IP
$N_i.ID_{CIP}$	노드의 CIP 네트워크 ID
$N_i.ID_{PAREA}$	노드의 페이징 영역 ID
RSB_A	Active Reservation을 위한 RSB
RSB_P	Passive Reservation을 위한 RSB
$CRSVP_{CNTL}$	CRSVP 컨트롤 메시지 타입
ADV_{CELL}	Cell Advertisement 메시지
$RESV_TEAR_REQ_P$	Passive Reservation Teardown Request 메시지
$RESV_TEAR_P$	Passive Reservation Teardown 메시지
$Pre_RESV_REQ(s,d)$	근원지 s로부터 목적지 d까지 pre-reservation을 요구하는 메시지를 보내는 함수
$CHANGE_{STATE}$	Passive Reservation에서 Active Reservation으로 상태 정보를 바꾸는 State Change 메시지

알고리즘 1은 BS가 CRSVP 컨트롤 메시지를 받았을 때의 동작을 보인다. 컨트롤 메시지가 Cell Advertisement 메시지일 경우 pre-reservation을 수행하는 함수인 Pre_RESV를 호출한다. 만약 State Change 메시지를 받았을 경우 해당 노드의 예약정보를 Passive RSB

테이블 상에서 찾아 Active RSB 테이블에 삽입한 후 Passive RSB 상에서 삭제하는 방법으로 상태 정보를 바꾼다. 컨트롤 메시지가 Passive Reservation Teardown Request 메시지일 경우, 이 메시지를 보낸 노드를 제외한 나머지 인접 셀에게 Passive Reservation Teardown 메시지를 전송한다.

```

if ( ( check the msg type of  $M_i$  ) == CRSVPCNTL )
{
switch( $M_i$ ) {
case ADVCELL :
invokes Pre_RESV( $M_i$ ); break ;
case CHANGESTATE :
if (  $N_i \in RSB_P$  ) {
put  $N_i$  to  $RSB_A$ ; delete  $N_i$  from  $RSB_P$ ;
}break ;
case RESVTEAR_REQP :
if (  $N_s \in Adj(N_i)$  ) {
send RESVTEAR_P to (  $Adj(N_i) - \{N_s\}$  );
}break ;
}
}
    
```

[알고리즘 1] BS가 CRSVP 컨트롤 메시지를 받았을 때의 동작

알고리즘 2는 pre-reservation 과정에 대해 기술한다.

```

Pre_RESV( $M_i$ )
{
get gateway IP, CIP Network ID, Paging Area ID from  $M_i$ ;
set  $N_s.IP_{GW}$ ,  $N_s.ID_{CIP}$ ,  $N_s.ID_{PAREA}$  field;

if (  $N_i.ID_{CIP} == N_s.ID_{CIP}$  )
{
if (  $N_i.ID_{PAREA} == N_s.ID_{PAREA}$  )
send Pre_RESV_REQ (  $N_i.IP_{CNODE}$ ,  $N_i.IP_{PNODE}$  );
else
send Pre_RESV_REQ (  $N_i.IP_{CNODE}$ ,  $N_i.IP_{GW}$  );
}
else if (  $N_i.ID_{CIP} != N_s.ID_{CIP}$  )
{
send Pre_RESV_REQ (  $N_i.IP_{CNODE}$ ,  $N_s.IP_{GW}$  );
}
}
    
```

[알고리즘 2] pre-reservation 과정

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 마이크로 셀룰러 네트워크에서 QoS를 보장하기 위해 CRSVP를 제안하였다. CRSVP는 HMRSVP와 같은 Mobile IP 지역적 등록 기법을 사용하나 자원 예약 방법에서는 Mahadevan의 기법과 유사한 기법을 사용한다. 그러나 자원 예약 방식에서 Mahadevan의 기법의 포인팅 포워딩 방식 대신에 Cellular IP 환경에서의 페이징 캐쉬와 라우트 캐쉬를 사용함으로써 끝없는 자원 예약 경로의 확장 문제와 자원 예약 경로의 순환 문제를 개선하였다. 또한, Cellular IP 환경용 그 대로 적용가능 함에 따라 HMRSVP에 비해 네트워크의 구성과 관리 비용을 축소하였다. 향후에는 CRSVP에 대해 시뮬레이션을 통한 성능 평가가 이루어져야 할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] R.Braden, L.Zhang, S.Herzog, and S.Jamin, "Resource ReSerVation Protocol:Version 1 Functional Specification," RFC 2206, September, 1997.
- [2] C.C.Tseng, G.C.Lee, and R.S.Liu, "HMRSVP: A Hierarchical Mobile RSVP Protocol," IEEE Distributed Computing Systems Workshop, pp. 467-472, 2001.
- [3] Indu Mahadevan and Krishna M. Sivalingam, "An Architecture and Experimental Results for Quality of Service in Mobile Networks Using RSVP and CBQ," ACM/Baltzer Wireless Net., July 1999.
- [4] A.Campbell, J.Gomez, C-Y. Wan, S.Kim, "Cellular IP," Internet Draft, IETF, draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt, June 2000.
- [5] K. Lee, Myungchul Kim, S. T. Chanson, C. Yu and J. Lee, "CORP - A Method for Concatenating and Optimizing Resource Reservation Path in Mobile Internet," ACM/Baltzer Wireless Networks, 2000.