

마이크로 셀룰러 네트워크 환경을 위한 CRSVP기반 QoS 보장 기법

정은영*, 박상윤**, 석민수***, 엄영익***

CRSVP-based QoS Guaranteeing Scheme for Micro Cellular Network Environments

EunYoung Chung*, SangYun Park**, Min-soo Suk***, YoungIk Eom***

요 약

무선 이동 네트워크 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 상당부분 해결하지 못하고 있다. 또한 최근에는 마이크로 셀들로 구성된 네트워크가 증가함에 따라 빈번한 핸드오프로 인한 전송지연 문제와 MN(Mobile Node)의 위치 이동을 신속하게 제어해야 하는 문제 등이 발생하고 있다. RSVP와 Mobile IP간의 상호 운용을 지원하는 기존 기법들은 매크로 셀 환경을 위해 고안되었으므로 마이크로 셀 환경에서 그대로 사용될 경우 한계점을 갖고 있다. 본 논문에서는 마이크로 셀룰러 네트워크에서 QoS를 보장하기 위해 CRSVP(Cellular RSVP Protocol)를 제안한다.

Key Words : Mobile IP; RSVP; QoS; CRSVP.

ABSTRACT

To provide good-quality services of multimedia in wireless mobile networks, QoS for multimedia traffic should be guaranteed. However, since the existing QoS guaranteed schemes are designed for fixed networks, they are inadequate in the wireless network environments. Recently, as the size of cells like micro cell or pico cell becomes smaller. Mobile hosts on micro cellular networks, change their location frequently. It causes many drawbacks such as delayed delivery, packet losses and signaling overheads. Because the existing schemes supporting interoperability between RSVP and Mobile IP are designed for macro cell environments. Their uses in micro cellular networks can be restricted. In this paper, we propose the CRSVP(Cellular RSVP Protocol) which supports QoS in micro cellular network environments.

I. 서 론

무선 이동 네트워크 환경에서 양질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 멀티미디어 서비스를 위한 QoS가 보장되어야 한다. 대표적인 자원 예약 프로토콜인 RSVP (Resource ReSerVation Protocol)[1]는 IntServ 모델[2]을 위한 네트워크 자원 예약 프

로토콜로서 실시간 응용을 위해 동적인 네트워크 자원 예약 기능을 제공한다. 그러나 RSVP는 고정 유선 네트워크를 위해 설계되었기 때문에 무선 이동 네트워크에서의 QoS 보장 문제를 해결해 주지 못하고 있다. 또한 best effort 전송에 기반한 Mobile IP는 QoS를 고려하지 않기 때문에 무선 이동 네트워크에서의 QoS 보장은 보다 복잡한 문

* 성균관대학교 정보통신공학부 분산컴퓨팅연구실(cy1374.chung@samsung.com)

** 대림대학 컴퓨터정보계열 교수(sypark@daelim.ac.kr)

*** 성균관대학교 정보통신공학부 교수(msuk@ece.skku.ac.kr, yeom@ece.skku.ac.kr)

논문번호 : 020503-1127 접수일자 : 2002년 11월 28일

제가 되고 있다.

최근에는 셀의 크기가 매크로 셀 (macro cell)에서 마이크로 셀(micro cell) 또는 피코 셀 (pico cell)로 작아지는 추세를 보이고 있다. 이러한 마이크로 셀 환경에서는 빈번한 핸드오프가 발생하며 MN의 위치 이동을 신속하게 제어해야 하는 문제가 발생한다. 마이크로 셀 환경에서 기존의 Mobile IP와 RSVP의 연동기법이 사용될 경우, MN의 잦은 핸드오프로 인한 과도한 시그널링 부하와 패킷 손실 문제를 유발할 수 있고 인접 셀들에 대한 예측 자원 예약으로 인한 대역폭 낭비의 문제 등이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 마이크로 셀룰러 네트워크 환경에서 QoS를 보장하기 위해 CRSVP라는 새로운 프로토콜을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로서 기존의 무선 이동 네트워크에서의 QoS 보장 기법에 대해 알아본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 프로토콜인 CRSVP에 대해 설명하고, 시나리오를 통해 제안 기법의 구체적인 동작 과정에 대해 알아본다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안 기법의 성능을 평가한다. 마지막으로, 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대해서 기술한다.

II. 관련연구

1. 마이크로 이동성 지원 기술

Cellular IP는 마이크로 이동성[3]을 제공하기 위해 제안된 프로토콜로써, 마이크로 셀룰러 네트워크에서 MN의 위치 이동성을 제어한다[4]. Cellular IP는 핸드오프 (hand-off) 처리가 빠르며 MN의 위치 이동을 신속하게 제어한다. 또한, 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.

2. 이동성 지원 자원 예약 기술

MRSVP (Mobile RSVP)는 무선 이동 네트워크 환경에서 QoS를 보장하기 위해 제안된 RSVP의 확장 프로토콜이다[5]. MN은 방문할 가능성이 있는 모든 인접 셀들에 대한 정보를 포함하는 MSPEC (Mobility Specification)을 가지고 있다. MN이

MSPEC 상에 존재하는 인접 셀 중에 하나로 핸드오프하면 새로운 셀의 자원은 active 상태가 되고 이전 셀의 자원은 passive 상태가 된다. 그러나 MRSVP는 MN의 방문 가능성이 있는 인접 셀들에 대한 정보를 포함하는 MSPEC이 존재한다는 가정 하에서 동작하며, 현재 사용하고 있지 않은 대역폭에 대해서도 passive 상태로 정보를 유지해야 한다는 단점이 있다.

HMRSVP (Hierarchical Mobile RSVP Protocol)는 지역적 등록 기법 (Regional Registration)을 사용하여 무선 이동 네트워크 환경에서 이동성에 제한 받지 않는 독립적인 자원 예약 기능을 제공한다 [6]. HMRSVP에서는 MN이 두 지역(region)이 겹친 경계에 도달했을 경우에만 인접한 지역에 대해 passive 자원 예약을 수행함으로써 passive 자원 예약 횟수와 자원 예약 중단의 확률을 낮춘다. HMRSVP는 지역적 등록 기법을 사용하여 지역 내 핸드오프 시에 발생하는 지연을 감소하였으며, MSPEC상의 모든 셀을 미리 예약함으로써 발생하는 MRSVP의 과도한 대역폭 낭비를 개선하였다.

Mahadevan은 마이크로 셀룰러 네트워크에서 CBQ (Class Based Queueing)를 사용한 자원 예약 기법을 제안하였다[7]. MN이 현재 방문한 셀의 BS는 MN의 이동을 대비하여 인접 셀을 예약한다. 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. Mahadevan의 기법은 passive 자원 예약 기능을 지원해야 하는 대상을 BS와 게이트웨이로 축소함으로써 MRSVP의 문제점을 일부 개선하였다. 그러나 끝없는 자원 예약 경로의 확장 문제와 자원 예약 경로의 순환 문제 등 여전히 몇 가지 단점을 내포하고 있다.

III. CRSVP (Cellular RSVP Protocol)

본 논문에서는 마이크로 셀룰러 네트워크에서 QoS를 보장하기 위한 새로운 프로토콜인 CRSVP를 제안한다. CRSVP는 마이크로 이동성을 제공하기 위해 Cellular IP 환경을 기반으로 하고 있으며, QoS를 보장하기 위해 RSVP를 확장하였다. 본 논문에서는 라우팅 도메인을 하나의 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 (Cellular IP) 네트워크 ID, CIP 게이트웨이의 주소, 페이징 영역의 ID를 포함하고 있는 Cell Advertisement 메시지를 인접 셀에게 전송한다. CIP 게이트웨이는 주기적으로 CIP 네트워크 ID, CIP 게이트웨이의 주소, 페이징 영역의 ID등의 정보들을 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 자신의 CIP 네트워크 정보와 페이징 영역에 대한 정보를 기반으로 어느 범위까지 대역폭을 미리 예약해야하는지를 결정한다.

1. 메시지 구조

CRSVP에서는 다섯 개의 제어 메시지 타입을 소개한다. Cell Advertisement 메시지, Pre-reservation Request 메시지, State Change 메시지, Passive Reservation Teardown Request 메시지, Passive Reservation Teardown 메시지는 모두 CRSVP 제어 메시지이다.

Cell Advertisement 메시지는 게이트웨이의 IP 주소, CIP 네트워크 ID, 페이징 영역의 ID를 payload로 가진다. Pre-reservation Request 메시지는 Cell Advertisement 메시지를 받은 후 게이트웨이의 IP 주소, CIP 네트워크 ID, 페이징 영역의 ID를 비교하여 표 1과 같은 값을 근원지와 목적지 주소로 가진다.

표 1. Pre-reservation Request 메시지의 근원지와 목적지 주소

	근원지주소	목적지 주소
같은 paging area에 있을 때	해당 BS IP	Paging Cache가 위치한 노드
다른 paging area에 있을 때	해당 BS IP	현재 CIP Network의 GW
다른 Cellular IP Network에 있을 때	해당 BS IP	Cell Advertisement Msg를 보낸 BS의 CIP Network GW

State Change 메시지는 hob-by-hob으로 이동하며 해당 자원의 예약 상태를 passive 상태에서 active 상태로 전환한다. State Change 메시지는 hob-by-hob으로 이동되므로 목적지 주소는 Passive RSB(Reservation State Block)상의 다음 홉 주소가 된다. Passive Reservation Tear-

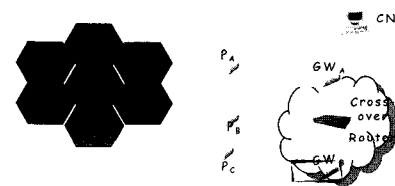
down Request 메시지는 MN이 이전에 위치한 셀의 BS IP를 목적지 주소로 가진다. Passive Reservation Teardown 메시지는 인접 셀의 IP 주소를 목적지 주소로 가진다.

2. 네트워크 구조와 동작

1) Pre-reservation 과정

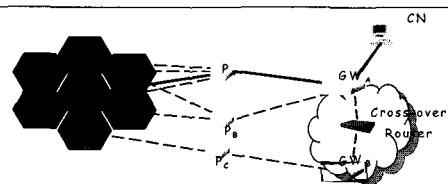
그림 1은 CRSVP의 네트워크 구조도와 pre-reservation 과정을 보여준다.

그림 1-(a)는 기본적인 CRSVP의 네트워크 구조도를 나타낸다. CRSVP에서 PA, PB, PC는 페이징 캐쉬를 갖는 노드이며 CIP 게이트웨이의 다운링크 노드 상의 인접노드가 된다. 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 PB가 관리하는 페이징 영역 B에 속해있다. BS g는 CIP 게이트웨이 B가 관리하는 CIP 네트워크에 속해있고 Pc가 관리하는 페이징 영역 C에 속해있다. 임의의 BS n이 관리하는 셀을 편의상 셀 BS n이라고 부르기로 한다.



(a) CRSVP 네트워크 구조도

- GW A, paging area A에 속한 셀
- GW A, paging area B에 속한 셀
- GW B에 속한 셀



(b) pre-reservation 과정

- GW A, paging area A에 속한 셀
- GW A, paging area B에 속한 셀
- GW B에 속한 셀

그림 1. CRSVP의 네트워크 구조도와 pre-reservation 과정

그림 1-(b)는 MN이 셀 BS a에 위치해있을 경우, BS a의 인접 셀로 pre-reservation이 수립됨을 보인다. 현재 MN이 셀 BS a에 위치해있을 경우, BS b, BS c, BS d는 페이징 캐쉬가 존재하는 노드 PA까지 pre-reservation을 수립하고 BS e와 BS f는 각 BS의 위치로부터 GWA까지 pre-reservation을 수립한다. BS g는 GWA까지 pre-reservation을 수립한다.

그림 2는 MN이 BS a에 위치해있을 경우, BS a와 각 인접 셀의 BS가 pre-reservation을 수립하는 과정의 메시지 흐름도이다.

그림 2-(a)는 BS d에서의 pre-reservation 과정을 보인다. BS d는 (1)과 같이 BS a로부터 Cell Advertisement 메시지를 받은 후, (2)와 같이 노드 PA까지 pre-reservation request 메시지를 보낸다. PA와 BS d는 Passive Path와 Passive Resv 메시지를 주고받은 후 passive reservation을 수립한다.

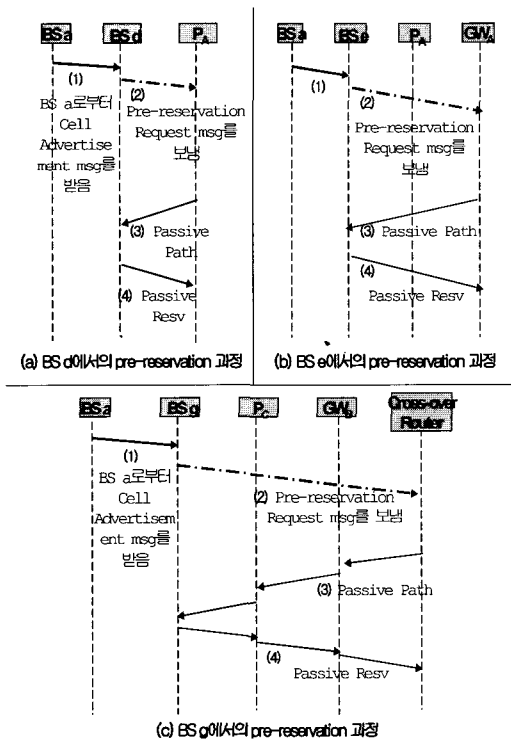


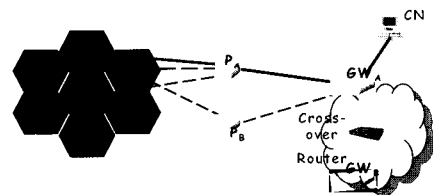
그림 2. MN이 셀 BS a에 위치해있을 경우 pre-reservation 과정의 메시지 흐름도

그림 2-(b)는 BS e에서의 pre-reservation 과정을 보인다. BS e는 (1)에서 BS a로부터 Cell Advertisement 메시지를 받은 후, (2)와 같이 GWA까지

pre-reservation request 메시지를 보낸다. BS e와 GWA는 (3), (4)와 같이 Passive Path, Passive Resv를 주고받은 후, passive reservation을 수립한다. 그림 2-(c)는 BS g에서의 pre-reservation 과정을 보인다. BS g는 BS a와 CIP 네트워크가 다르므로, (2)와 같이 BS g로부터 교차라우터(Crossover Router)까지만 Pre-reservation Request 메시지를 보내어 passive reservation을 수립한다. 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.

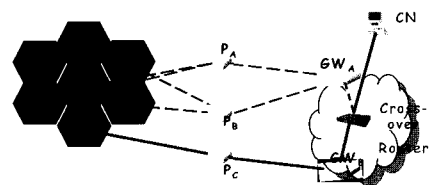
2) 핸드오프 이후의 post-reservation 과정

MN이 핸드오프 한 후, passive reservation을 active reservation으로 전환하고 이전 셀에서 예약한 자원들을 해제하는 일련의 과정을 post-reservation이라 한다. 본 절에서는 BS a에 있던 MN이 인접 셀로 이동했을 때의 CRSVP의 동작 과정을 살펴본다. 그림 3은 MN이 각각 BS d와 BS g로 이동했을 경우를 보이며 그림 4는 이때의 메시지 흐름도를 나타낸다.



(a) MN이 BS a에서 BS d로 이동했을 경우의 post-reservation 과정

- GW A, paging area A에 속한 셀
- GW A, paging area B에 속한 셀
- GW B에 속한 셀

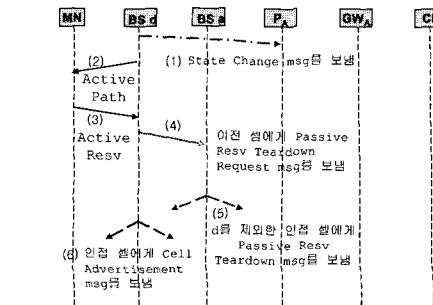


(b) MN이 BS a에서 BS g로 이동했을 경우의 post-reservation 과정

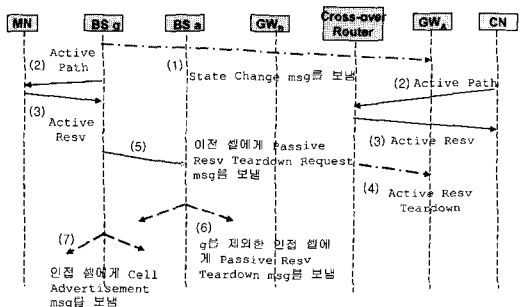
- GW A, paging area A에 속한 셀
- GW A, paging area B에 속한 셀
- GW B에 속한 셀

그림 3. MN의 핸드오프 이후의 post-reservation 과정

그림 3-(a)와 같이 MN이 BS a에서 BS d로 이동했을 때, BS d는 그림 4-(a)와 같은 동작을 보인다. BS d는 PA에게 (1)과 같이 State Change 메시지를 보내어 PA와 BS d사이의 passive reservation을 active reservation으로 전환한다. 다음으로 BS d는 (2), (3)과 같이 MN과 Active Path, Active Resv 메시지를 주고받음으로써 MN과의 무선 대역폭을 예약한다. BS d는 이전 셀의 passive reservation을 해제하기위해 (4)와 같이 이전 셀의 BS로 Passive Reservation Teardown Request 메시지를 보낸다. Passive Reservation Teardown Request 메시지를 받은 BS는 메시지를 보낸 셀을 제외한 인접 셀의 passive reservation을 해제하기 위하여 (5)와 같이 Passive Reservation Teardown 메시지를 보낸다. MN이 방문한 새로운 셀 BS d는 MN의 이동을 대비하여 인접 셀에게 (5)와 같이 Cell Advertisement 메시지를 보낸다. 그림 3-(b)는 MN이 BS a에서 BS g로 핸드오프 했을 경우이다. 이러한 경우 앞서와 동일한 방법으로 동작하나 FA가 GWB로 바뀌므로 CN과 교차라우터 사이에 active reservation을 수립하는 과정이 추가된다. GWA와 교차라우터 사이에 수립된 active reservation은 이후 라우팅 최적화를 위해 해제된다.



(a) MN이 셀 BS d로 이동했을 경우의 post reservation 과정



(b) MN이 셀 BS g로 이동했을 경우의 post reservation 과정

그림 4. MN이 셀 BS d와 BS g로 이동했을 때의 post-reservation과정

3. 알고리즘

본 장에서는 CRSVP의 주요 알고리즘에 대해 기술한다. 표 2는 알고리즘에 사용된 기호에 대해 설명한다.

표 2. 알고리즘에 사용된 주요 기호의 설명

표기	설명
M_i	i번째 메시지
N_s	메시지를 보낸 노드
N_i	메시지를 받는 임의의 노드
$Adj(N_i)$	노드 N_i 의 인접 셀 목록
$N_i.IP_{CNODE}$	현재 노드 N_i 의 IP
$N_i.IP_{PNODE}$	노드 N_i 가 속한 페이징 영역 내 페이징 캐쉬를 가지고 있는 노드의 IP
$N_i.IP_{GW}$	노드 N_i 가 속한 CIP 네트워크의 게이트웨이 IP
$N_i.ID_{CIP}$	노드 N_i 의 CIP 네트워크 ID
$N_i.ID_{PAREA}$	노드 N_i 의 페이징 영역 ID
$MN.IP$	MN의 IP
BS_C	MN이 방문한 셀의 BS
BS_P	MN이 이전에 방문한 셀의 BS
$PATH_A$	Active Path
$RESV_A$	Active Resv
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

1) 라우팅 알고리즘

알고리즘 1은 BS가 CRSVP 컨트롤 메시지를 받았을 때의 동작을 보인다. 컨트롤 메시지가 Cell Advertisement 메시지일 경우, pre-reservation을 수행하는 함수인 Pre_RESV를 호출한다. 컨트롤 메시지가 State Change 메시지일 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 메시지가일 경우, 이 메시지를 보낸 노드를 제외한 나머지 인접 셀에게 Passive Reservation Teardown 메시지를 전송한다.

```

if ( (check the msg type of Mi) ==
CRSVP_CNTL )
{
    switch(Mi) {
    case ADV_CELL :
        invokes Pre_RESV(Mi);
        break ;
    case CHANGE_STATE :
        if ( Ni ∈ RSBP ) {
            put Ni to RSBA ;
            delete Ni from RSBP ;
        }break ;
    case RESV_TEAR_REQ_P :
        if ( Ns ∈ Adj(Ni) ) {
            send RESV_TEAR_P to
            ( Adj(Ni) - {Ns} ) ;
        }break ;
    }
}
    
```

알고리즘 1. BS가 CRSVP 제어 메시지를 받았을 경우의 처리과정

2) pre-reservation 알고리즘

알고리즘 2는 pre-reservation 과정에 대해 기술한다.

```

Pre_RESV(Mi)
{
    get CIP GW IP, CIP Network ID ,
    Paging Area ID from Mi ;
    set Ns.IP_GW , Ns.ID_CIP , Ns.ID_PAREA field ;

    if ( Ni.ID_CIP == Ns.ID_CIP )
    {
        if ( Ni.ID_PAREA == Ns.ID_PAREA )
            send Pre_RESV_REQ
            ( Ni.IP_CNODE, Ni.IP_PNODE ) ;
        else
            send Pre_RESV_REQ
            ( Ni.IP_CNODE, Ni.IP_GW ) ;
    }
    else if ( Ni.ID_CIP != Ns.ID_CIP )
    {
        send Pre_RESV_REQ
        ( Ni.IP_CNODE, Ns.IP_GW ) ;
    }
}
    
```

알고리즘 2. pre-reservation 과정

인자로 전달받은 Cell Advertisement 메시지에서로부터 CIP 게이트웨이의 IP 주소, CIP 네트워크 ID, 페이징 영역의 ID 정보를 가져와 송신자의 정보로 저장한다. Pre_RESV_REQ 함수는 s와 d를 각각 근원지 주소, 목적지 주소로 하여 Passive Reservation Request 메시지를 보내는 함수이다. Cell Advertisement 메시지를 보낸 노드와 현재 노드가 같은 CIP 네트워크 ID와 같은 페이징 영역의 ID를 가질 경우, 현재 노드의 IP를 근원지 주소, 페이징 영역 내 페이징 캐쉬를 가지고 있는 노드의 IP를 목적지 주소로 하여 Pre_RESV_REQ 함수를 호출한다. 만약 Cell Advertisement 메시지를 보낸 노드와 현재 노드가 같은 CIP 네트워크 ID를 가지고 있으나 페이징 영역의 ID가 틀리다면 현재 노드의 IP를 근원지 주소, 현재 CIP 네트워크의 게이트웨이 주소를 목적지 주소로 하여 Pre_RESV_REQ 함수를 호출한다. Cell Advertisement 메시지를 보낸 노드와 현재 노드가 다른 CIP 네트워크 ID를 가지고 있을 경우는 현재 노드의 IP를 근원지 주소, Cell Advertisement 메시지를 보낸 노드와 현재 노드의 크로스오버 라우터가 되는 노드의 주소를 목적지 주소로 하여 Pre_RESV_REQ 함수를 호출한다.

3) post-reservation 알고리즘

알고리즘 3은 post-reservation 과정에 대해 기술한다.

MN이 새로운 셀로 핸드오프 하면 해당 셀의 BS는 이전 셀의 BS로부터 CIP 게이트웨이의 IP 주소, CIP 네트워크 ID, 페이징 영역의 ID 정보를 가져온다. 현재 MN이 방문한 셀의 BS는 State Change 메시지를 보내어 passive reservation을 active reservation으로 변환한다. 다음으로 BS는 MN과의 대역폭을 예약한 후 Passive Reservation Teardown Request 메시지를 보내어 이전 셀의 BS가 인접 셀과 수립하였던 passive reservation을 해제한다. 마지막으로, 현재 셀의 BS는 Cell Advertisement 메시지를 보내 인접 셀을 예약한다.

```

while ( new MN arrived )
{
    get CIP GW IP, CIP Network ID,
    Paging Area ID from previous BS ;
    set BSp.IPGW, BSp.IDCIP, BSp.IDPAREA field ;

    if ( BSc.IDCIP == BSp.IDCIP )
    {
        if ( BSc.IDPAREA == BSp.IDPAREA )
            send CHANGESTATE
            ( BSc.IPCNODE, BSc.IPPNODE ) ;
        else
            send CHANGESTATE
            ( BSc.IPCNODE, BSc.IPGW ) ;
    }
    else if ( BSc.IDCIP != BSp.IDCIP )
    {
        send CHANGESTATE
        ( BSc.IPCNODE, BSp.IPGW ) ;
    }
    send PATHA ( BSc.IPCNODE, MN.IP ) ;
    send RESV_TEAR_REQP
    ( BSc.IPCNODE, BSp.IPCNODE ) ;
    send ADVCELL ( BSc ) ;
}
    
```

알고리즘 3. post-reservation 과정

IV. 성능평가

기존의 마이크로 셀 환경에서의 자원 예약 기법으로는 HMRSVP와 Mahadevan의 기법이 제안된 바 있다. 본 장에서는 CRSVP와 기존의 기법들의 성능을 비교한다.

1. 시뮬레이션 모델

시뮬레이션 모델의 정의 및 시뮬레이션의 실행에는 DEVS (Discrete Event Simulation) [8]기반의 이산 사건 시뮬레이터인 DEVS Scheme과 DEVSsim++[9] 이 사용되었다. 시뮬레이션 모델에 대한 구성은 그림 5와 같다.

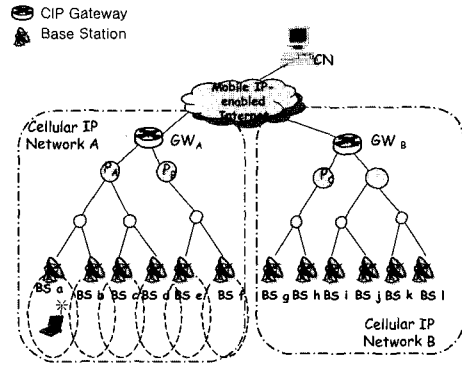


그림 5. 시뮬레이션 모델에 대한 구성

GWA와 GWB가 관리하는 두 개의 CIP 네트워크로 구성되어 있으며 BS a~BS f는 GWA에 속하는 노드, BS g~BS l은 GWB에 속하는 노드이다. PA, PB는 페이징 캐쉬를 가지고 있는 노드이며 이러한 노드는 CIP 게이트웨이의 다운링크 노드 상의 인접노드이다. HMRSVP와 Mahadevan의 기법 또한 동일한 계층적 구조를 지니고 있다고 가정한다. 그림 5와 같이 현재 MN이 위치한 셀의 BS로부터 인접 BS까지의 홉 수가 8이상이면 다른 FA 네트워크에 속한 것으로 간주한다.

본 논문에서 제안하는 모델의 성능평가를 위해 표 3과 같은 상태변수를 정의한다. MN의 평균 도착시간 및 평균 핸드오프 시간, 각 노드에서의 패킷 처리 시간, 각 링크 구간에서의 지연시간은 모두 표의 평균값에 의한 지수분포를 따른다고 가정하였다.

표 3. 시뮬레이션 상태변수 정의

기호	정의	값
$T_{arrival}$	MN의 평균 도착시간	60sec
T_{hand_off}	MN의 평균 핸드오프 시간	100sec
CIP_{ptime}	CIP 패킷 처리 시간	0.5sec
MIP_{ptime}	MIP 패킷 처리 시간	1.5sec
$CRSVP_{ptime}$	CRSVP 패킷 처리 시간	0.5sec
T_{gen}	각 노드의 패킷생성 시간	0.05sec
BW_{wl}	무선 링크의 대역폭	10Mbps
BW_w	유선 링크의 대역폭	100Mbps
T_{propa_wl}	무선 링크 구간의 지연	0.1sec
T_{propa_MIP}	MIP 구간의 지연	0.01sec
T_{propa_CIP}	CIP 구간의 지연	0.005sec
$HC_{HA_to_FA}$	HA에서 FA까지의 홉 수	5개

2. 시뮬레이션 결과

1) 평가모델

시뮬레이션은 크게 pre-reservation 비용에 따른 비교와 등록비용에 따른 비교, HMRSVP 모델에서 FA의 위치 변경에 따른 CRSVP와의 비교로 구분되어 수행되었다.

(1) pre-reservation 비용에 따른 비교

현재 MN이 위치한 셀의 BS로부터 인접 셀의 BS까지의 위치를 기반으로 pre-reservation 비용을 측정하였다. MN이 송신자일 경우, pre-reservation을 수행하는 과정은 passive reservation을 수립해야하는 노드까지 pre-reservation Request 메시지를 보낸 후, Passive Path와 Passive Resv 메시지를 교환함으로써 자원예약을 성립한다. Mahadevan의 기법에서도 동일한 방법으로 passive reservation을 수립한다고 가정한다.

pre-reservation 비용을 구하는 공식은 다음과 같다.

$$Cost_{pre-resv} =$$

$$3 \times (T_{propa_CIP} \times \text{홉의수} + CRSVP_{ptime} \times (\text{홉의수} + 1) + T_{gen})$$

(2) 등록비용에 따른 비교

MN이 같은 CIP 네트워크에 속하는 셀 간에 이동하였을 경우, 등록은 현재 CIP GW까지만 이루어진다. 반면, MN이 다른 CIP 네트워크에 속하는 셀로 이동하였을 경우, FA가 달라지므로 HA에 재등록해야한다. 각 경우에 따른 등록비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

① MN이 같은 CIP 네트워크에 속하는 셀로 이동하였을 경우

$$Cost_{resv}(SGW) =$$

$$2 \times (T_{propa_CIP} \times 2 + CRSVP_{ptime} \times 3 + T_{propa_wl} + T_{gen})$$

② MN이 다른 CIP 네트워크에 속하는 셀로 이동하였을 경우

$$Cost_{resv}(OGW) =$$

$$= 2 \times (T_{propa_CIP} \times 2 + CRSVP_{ptime} \times 3 + T_{propa_wl} + T_{propa_MIP} \times HC_{HA_to_FA})$$

$$+ MIP_{ptime} \times (HC_{HA_to_FA} + 1) + T_{gen})$$

현재 MN이 방문하고 있는 셀의 인접 셀이 그림 1-(a)와 같이 구성되어 있다고 할 때, 현재 MN이 방문하고 있는 셀과 인접 셀이 같은 CIP 네트워크에 속할 확률에 따라 기대되는 등록비용을 구할 수 있다. 인접 셀이 같은 CIP 네트워크에 속할 확률에 따른 기대비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E(Cost) = Cost_{resv}(SGW) \times P_{SGW} + Cost_{resv}(OGW) \times P_{OGW}$$

(3) FA 위치에 따른 등록비용 모델

HMRSVP는 MN이 다른 서브네트워크를 이동할 경우에만 인접 셀에 대한 자원 예약을 시도한다. 이러한 HMRSVP의 특성을 고려하여 HMRSVP의 GMA(FA) 노드 위치를 변경시켜가면서 CRSVP와 등록비용을 비교해보았다. Case 1은 GMA가 BS로부터 3홉 상에 위치하는 경우이며, Case 2는 GMA가 BS로부터 2홉 상에 위치하는 경우이다. Case 3은 GMA가 BS로부터 1홉 상에 위치하는 경우이다.

2) 시뮬레이션 결과

(1) 홉 수에 따른 pre-reservation 비용

그림 7은 인접 셀의 BS까지의 홉 수에 따른 pre-reservation 비용을 예시한다.

인접 셀의 BS까지의 홉 수에 따른 Pre-reservation 비용

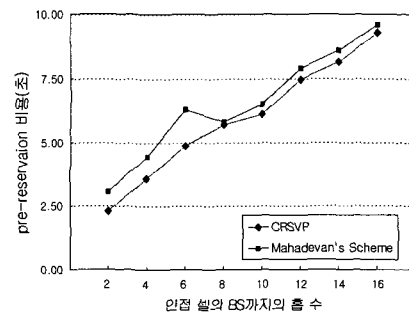


그림 7. 인접 셀의 BS까지의 홉 수에 따른 pre-reservation 비용

현재 MN이 위치한 셀의 BS로부터 홉 수가 멀어질

수록 pre-reservation 비용은 증가되며, Mahadevan의 기법보다 CRSVP가 평균 1.03초 더 낮은 pre-reservation 비용을 보인다. 본 논문에서 가정하는 시뮬레이션 모델에서 인접 BS까지의 홉 수가 8이상이면 다른 FA 네트워크에 속한다. 따라서, 그림 7과 같이 Mahadevan의 기법에서 홉 수 8에서의 pre-reservation 비용이 홉 수 6에서의 pre-reservation 비용보다 감소되는 경향을 볼 수 있다.

(2) 인접 셀의 특성에 따른 등록비용

그림 8은 인접 셀이 같은 CIP 네트워크에 속할 확률에 따른 등록비용을 예시한다.

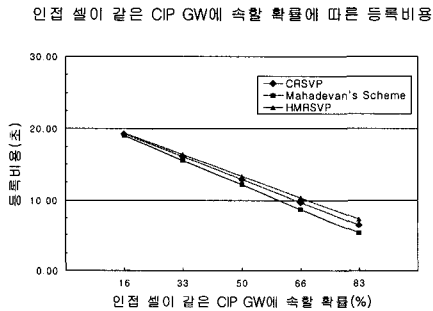


그림 8. 인접 셀이 같은 CIP GW에 속할 확률에 따른 등록비용

인접 셀이 같은 CIP 네트워크에 속할 확률이 커짐에 따라 기대되는 등록비용은 감소하며, 등록비용에 있어 CRSVP는 HMRSVP보다는 낮으나 Mahadevan의 기법보다는 큰 값을 보이고 있다.

(3) FA 위치에 따른 등록비용 모델

각 case 1, 2, 3에 따른 HMRSVP의 등록비용은 그림 9와 같은 결과를 보인다.

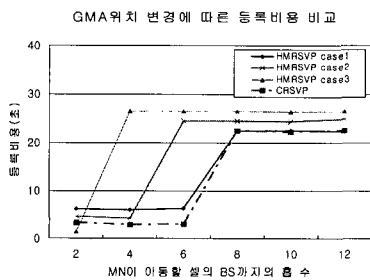


그림 9. GMA위치 변경에 따른 등록비용 비교

case 1에서 MN이 다른 서브네트워크에 속한 셀로 이동할 경우, 등록비용은 CRSVP와 유사한 값을 가지나 같은 서브네트워크 내의 셀로 이동할 경우의 등록비용은 CRSVP에 비해 1.5배 정도 높은 값을 보이고 있다. case 2, case 3와 같이 하나의 GMA가 관리하는 서브네트워크의 크기를 줄였을 경우, 같은 서브네트워크 내의 셀로의 이동에 대한 등록비용을 낮출 수 있다. 그러나 서브네트워크의 범위가 작아짐으로 인해 MN의 재등록이 빈번히 발생하게 되며, FA와 HA간 노드 수의 증가로 등록비용 또한 높아짐을 알 수 있다. 즉, CRSVP는 MN이 같은 서브네트워크에 속한 셀로 이동할 경우와 다른 서브네트워크에 속한 셀로 이동할 경우 모두 HMRSVP보다 개선된 성능을 보이고 있다.

V. 결론

무선 이동 네트워크 환경이 대중화되고 멀티미디어 서비스가 주요 서비스로 등장함에 따라 무선 이동 네트워크에서의 QoS 보장이 이슈화되고 있다. 또한, 셀의 크기가 점점 더 작아지는 현재의 추세를 고려할 때, 마이크로 셀룰러 네트워크에서의 QoS 보장이 더욱 시급한 상황이다. 마이크로 셀룰러 네트워크에서는 마이크로 셀 간에 빈번한 핸드오프가 발생할 수 있고 MN의 위치 이동을 신속하게 제어해야 하는 문제가 발생하므로 기존의 Mobile IP와 RSVP를 연동하는 기법만으로는 한계가 있다. 본 논문에서는 마이크로 셀룰러 네트워크에서 QoS를 보장하기 위해 CRSVP라는 새로운 프로토콜을 제안하였다. CRSVP는 CIP 네트워크 ID, 페이징 영역의 ID를 기반으로 현재 MN이 위치하고 있는 셀의 인접 셀에 대한 pre-reservation을 수행한다. CRSVP는 Cellular IP의 페이징 캐쉬나 라우트 캐쉬같은 네트워크 구성을 그대로 사용함으로써 자원 예약 경로를 따로 관리할 필요가 없으며, Mahadevan의 기법에서의 끝없는 자원 예약 경로 확장에 대한 문제점을 해결하였다. 또한, 기존의 마이크로 셀 환경에서의 자원 예약 기법인 HMRSVP와 Mahadevan의 기법과 비교하였을 때 등록비용과 pre-reservation 비용에 있어 기존의 기법들보다 좋은 성능을 보임을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.

차후에는 CRSVP와 Mobile IP를 연동했을 시, 전체 네트워크에서 QoS를 효율적으로 제공할 수 있는 기법에 대한 연구가 더 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R.Braden, L.Zhang, S.herzog and S.Jamin, "Resource ReSerVation Protocol: Version 1 Functional Specification," *RFC 2206*, 1997.
- [2] R.Braden, D.Clark and S.Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview," *RFC 1633*, 1994.
- [3] B. Moon and H. Aghvami, "RSVP Extensions for Real-Time Services in Wireless Mobile Networks," *IEEE Communication Magazine*, pp.52-59, 2001.
- [4] A.Campbell, J.Gomez, C.Y.Wan, S.Kim, "Cellular IP," *Internet Draft, IETF, draft-ietf-mibileip-cellularip-00.txt*, 2000.
- [5] A.K.Talukdar, B.R.Badrinath and A.Acharya, "MRSVP: A Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts," *Dept. of Computer Science, Technical Report TR-337, Rutgers Univ.*, 1997.
- [6] C.C.Tseng, G.C.Lee and R.S.Liu, "HMR-SVP: A Hierarchical Mobile RSVP Protocol," *IEEE Distributed Computing Systems Workshop*, pp.467-472, 2001.
- [7] I.Mahadevan and K.M.Sivalingam, "An Architecture and Experimental Results for Quality of Service in Mobile Networks Using RSVP and CBQ," *ACM/Baltzer Wireless Net.*, 1999.
- [8] B.P.Zeigler, "Object-Oriented Simulation with Hierarchical Modular Models," *Academic Press*, 1990.
- [9] T.G.Kim, "DEVSIM++: C++ Based Simulation with Hierarchical Modular DEVS Models," *Technical Report, KAIST*, 1998.

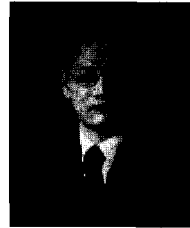
정은영(Eun Young Chung) 학생회원



2001년 2월 :
성균관대학교 전기 전자 및 컴퓨터공학부 학사
2003년 2월 : 성균관대학교 전기 전자 및 컴퓨터공학부 공학 석사
현재 : 삼성전자 정보통신총괄

<주관심분야> 이동 컴퓨팅 시스템, QoS, NGN.

박상윤(Sang Yun Park) 정회원



1997년 2월 : 동국대학교 전자계산학과 학사
1999년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 공학 석사
2003년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 공학박사.

현재 : 대림대학 컴퓨터정보계열 교수

<주관심분야> 이동 컴퓨팅, 멀티미디어 통신, 이동 컴퓨팅 보안, 분산 컴퓨팅.

석민수(Min-soo Suk)

1969년 : 서울대학교 전자공학과 수료



1970년 : University of California, Davis 학사
1972년 : University of California, Davis 석사
1974년 : University of California, Davis 박사
1979년 - 1982년 : 한국과학기술원 교수
1983년 - 1994년 : Syracuse

University 교수

2001년 - 현재 : 성균관대학교 교수

<주관심분야> 패턴인식, 신호처리 및 통신

엄영익(Young Ik Eom) 정회원



1983년 2월 : 서울대학교 계산통계학과 학사
1985년 2월 : 서울대학교 대학원 전산과학전공 이학석사
1991년 8월 : 서울대학교 대학원 전산과학전공 이학박사
2000년 9월 ~ 2001년 8월 : 미국 School of ICS, UCI 방문교수

1993년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수

<주관심분야> 분산 컴퓨팅, 이동 컴퓨팅, 이동 에이전트, 시스템 보안.