무선 이동망에서 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP를 이용한 자원관리 기법의 성능 분석

마 경 민[†] · 원 정 재[††] · 이 형 우[†††] · 조 충 호[††††]

요 약

본 논문에서는 무선/이동 인터넷환경에서 실시간 트래픽의 QoS 보장을 위한 자원 관리 기법에 대해서 연구한다. 이동단말은 이동성때문에 실시간 응용 서비스에서 요구하는 QoS에 중요한 영향을 갖는다. 현재 제안된 MRSVP는 자원 예약 지역 경계의 불명확성과 또한 세션들을 유지하기 위한 신호 과부하를 발생시킬 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, MRSVP[1-5]와 이동 클러스터 개념을 조합한 신규 자원 예약 프로토콜 이동클러스터 기반의 H-MRSVP(Hierarchical MRSVP) 을 제안한다. 본 논문에서는 실시간 이동 호에 대한 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP의 분석적인 모델을 설계하고, 시뮬레이션을 이용하여 보호채널 할당 방식, 분산 호 수락제어 기법과 비교 분석한다. 성능 목표값으로는 신규호 차단율, 핸드오프 호 손실율, 무선 시스템에서의 채널 이용율과 호의 서비스 완료율을 보았다. 결과적으로 제안된 기법이 DCA보다는 채널 이용율 측면에서 좀더 유연하고, 보호채널기법보다는 이동호에 대한 좋은 채널 할당을 한다.

Performance analysis of the Resource Reservation Schemes using Mobile Cluster based H-MRSVP in Wireless Mobile Networks

Kyung-Min Ma[†] · Jeong-Jae Won[††] · Hyong-Woo Lee[†††] · Choong-Ho Cho[††††]

ABSTRACT

This paper develops a scheme of resource management for guaranteeing QoS of realtime traffic in wireless/mobile internet environments. Mobile terminal has significant impact on the QoS originating mobility provided to a real time application. The currently proposed MRSVP is not clear the boundary of resource reservation region and also can give rise to signal overhead to maintian sessions. To solve above problem, we propose the new reservation protocol, ***mobile cluster based H MRSVP*** to combine MRSVP with moving cluster concept. In this paper, we analytically design our model for guaranteeing the QoS of realtime traffic and compare the three schemes : guard channel allocation schemes, DCA and our model. The performance measures are the probabilities of new call blocking, handoff dropping, resource utilization and service completion versus the system offered Erlang load. Consequently, Simulation indicate our model is more flexible than DCA in a view pint of channel utilization and gains the advantage over guard channel scheme with respects to the mobility.

키워드 : H-MRSVP(Hierarchical Moble ReSource reserVation Protocol), DCA(Distributed Call Admission control), QoS(Quality of Service)

1. 서 론

최근에는 인터넷 서비스를 제공하기 위한 무선 환경에서 이동 단말에 대한 이동성 보장과 핸드오프시 유선과 동일한 인터넷 QoS를 보장하기 위해 MRSVP(Mobile ReSource reserVation Protocol)와 같은 무선 자원예약 프로토콜이 제안되었다[1-5]. MRSVP 방식은 이동 단말의 자원예약을 위해 ACTIVE/PASSIVE 자원예약을 통하여 QoS를 보장해준다. ACTIVE 자원 예약은 실제로 자원 예약한 상태에서 서비스를 주고받는 상태를 말하고, PASSIVE 자원예약은 미리 자원예약은 되어 있지만 사용 중이지 않는 상태를 말한다. 따라서 PASSIVE 예약상태는 이동 단말의 핸드오프가 예상되는 주변 셀에 미리 예약을 하는 방법이다. 그러나 이 방법의 문제점은 예상된 PASSIVE 자원예약 지역의 불명확성과 지나친 자원 낭비를 초래한다는 점이다. 차세대의 유/무선 통합 인터넷망(All IP 기반망)에서는 멀티클래스/멀티미디어 서비스를 지원해야 한다. 이때 단말의 셀 간 이동시 멀티클래스의 QoS를 보장해주기 위해서 제안되어진 기

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R02-2000-00293)지원으로 수행되었음.
† 준 회 원 : 고려대학교 대학원 전자 및 정보공학부
†† 준 회 원 : 고려대학교 대학원 산산학과
††† 정 회 원 : 고려대학교 전자 및 정보공학부 교수
†††† 종신회원 : 고려대학교 산산학과 교수
논문접수 : 2001년 12월 11일, 심사완료 : 2002년 1월 28일

법들의 문제점들을 보완한 신규 무선 자원 예약기법이 필요하다.

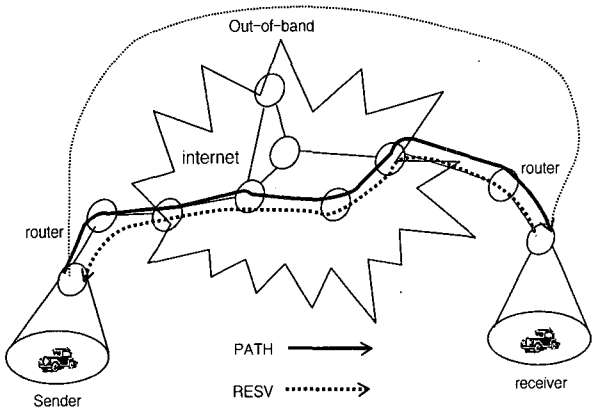
본 논문에서는 무선 환경의 계층적인 셀룰라 망(마이크로 셀, 마크로 셀)[6, 7]을 이용하여 차세대 이동 인터넷 특래픽의 특성(RSVP에서 분류된 신규 자원 요구 호, 핸드오프자원 요구호)에 따라 호 처리를 달리 하는 계층적 셀룰라(Hierarchial Cellular network)망에서 ***이동 클러스터 기반의 MRSVP를 하는 H-MRSVP(Hierarchical-MRSVP) 기법***을 제안하였다.

본 논문의 구성을 보면 2장에서는 관련 연구동향을 살펴보고, 3장에서는 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP 시스템 모델 및 무선 자원 예약 기법과 호 수락 제어 기법(Call Admission Control)에 대해 분석을 하였다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안한 방법의 효율성을 소개하며 마지막으로 5장에서 결론으로 끝을 맺었다.

2. RSVP 관련 기술

2.1 RSVP(ReSource reserVation Protocol)[1, 2]

(그림 1)은 RSVP의 자원 예약 설정 과정을 보여준다.



(그림 1) RSVP 자원 예약 설정

송신자는 몇 가지 out of band 메커니즘을 이용하여 수신자의 IP 주소를 알아내고, 특정한 flow를 위해서 송신자에서 수신자까지의 모든 경로를 찾아서 수신자에게 RSVP PATH 메시지를 보낸다. RSVP PATH 메시지는 경로상의 하나의 라우터에서 다음 라우터로 RSVP PATH 메시지가 전달되고 마지막으로 수신자까지 전달 되어 진다. 수신자는 이 특정 flow에 대한 자원예약을 위해 RSVP RESV 메시지를 보내게 된다. RSVP RESV 메시지는 RSVP PATH 메시지가 전송되어진 같은 경로의 반대 방향으로 전송되어 진다. RSVP RESV 메시지를 받으면 경로상에 있는 각각의 라우터나 호스트는 사용가능 한 자원이 있으면 특정 flow를 위해 자원을 예약하게 된다.

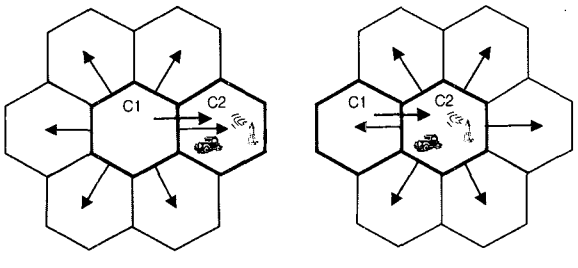
RSVP 신호 프로토콜에서는 이동성에 대해서 2가지 제한을 받는다.

- RSVP는 호가 이동하는 것에 대해 깨닫지 못한다. RSVP 신호 프로토콜에 따르면 호의 이동에 따라 자원예약이 동적으로 적용될 수 없다. 일단 호가 신규 지역으로 이동하게 되면 이전의 자원 예약은 더 이상 사용가능 하지 않기 때문에 호의 QoS를 보장해 줄 수 없다.
- Mobile IP는 IP-in-IP encapsulation기술을 사용하기 때문에 IP-in-IP에서는 RSVP 메시지를 볼 수 없다.

2.2 MRSVP(Mobile RSVP) [2, 4, 5]

Ali Mahmoodian, Gunter Haring가 제안한 MRSVP는 패킷망에서 실시간 멀티미디어를 위해 이동성에 대한 독립적인 서비스 보장을 위한 것이다. MRSVP 프로토콜은 서비스 시간 동안 호가 방문 가능한 다중 지역(multiple location)에 자원 예약을 수행한다. 호는 신규 지역으로 이동하더라도 PASSIVE 자원 예약이 되어 있어 요구한 QoS를 보장 받을 수 있다. 호가 현재 방문하는 지역 안에 있는 프록시 에이전트(proxy agent)를 지역 프록시 에이전트(local proxy agent)라고 하고, 호의 이웃 한 셀(subnetwork)에 있으면 원거리 프록시 에이전트(remote proxy agent)라고 한다. 지역/원거리 프록시 에이전트(Local/remote proxy agent)는 이동성 명세서(mobility specification)에 기록되어 진다. 이동성 명세서에 등록되어 있는 지역은 가까운 미래에 호가 방문할지도 모르는 지역이다.

MRSVP는 (그림 2)에서 볼 수 있듯이, 호가 현재 셀에서 이동할 수 있는 모든 경로를 미리 PASSIVE 자원 예약을 설정해줌으로써 호가 이웃 셀로 이동하게 되면 이웃 셀까지의 PASSIVE 자원 예약을 ACTIVE 자원 예약으로 재설정 함으로써 데이터를 보낼 수 있다. 이때 이전 셀에서는 핸드오프 되어서 나가는 호에 설정되어 있는 PASSIVE 자원 예약을 해제(release)시킨다. 핸드오프 호를 받은 셀은 주변의 모든 셀에게 PASSIVE 자원 예약 설정을 수행한다.



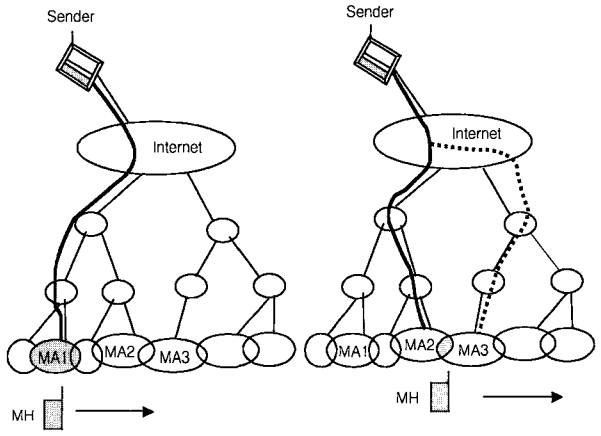
(그림 2) Mobile RSVP에서의 핸드오프 절차

호가 C1셀에 있을 때 C1셀에서는 주변 셀들에게 PASSIVE 자원 예약 설정을 한다. 호가 C2셀로 이동하면 C1셀에서

호의 이동성을 보장하기 위해서 미리 설정되어있던 PASSIVE 자원 예약 설정을 해제 시킨다. 또한 C2로 들어온 호를 위해 C2셀에서는 주변 셀들에게 pre-advice(PASSIVE path message) 보내어 PASSIVE 자원 예약을 설정해주게 된다. 호의 이동가능 한 모든 경로에 대해서 미리 자원 예약 설정을 함으로써 호의 QoS를 만족 시킬 수 있게 한다. MRSVP는 이웃셀의 범위가 정확히 명시하지 않았고 서비스 될 트래픽의 특성을 고려하지 않았다. 단지 모든 트래픽에 대해서 같은 방식으로 처리해주기 때문에 많은 자원낭비를 예상할 수 있다.

2.3 H-MRSVP(Hierarchical Mobile RSVP) [6]

H-MRSVP 프로토콜은 mobile IP의 지역적인 등록 프로토콜을 갖는 확장된 MRSVP이다. 핸드오프 지연 시간이 길어질 때만 미리 자원 예약(PASSIVE 자원 예약)을 한다. (그림 3)에서 호가 두 지역의 경계에 있는 셀의 중첩(overlap)지역에 있을 때 H-MRSVP는 송신자에서 MH(mobile host)까지 경로를 따라 ACTIVE 자원 예약 설정을 한다. MH가 두 지역의 경계(boundary) 셀의 중첩지역에 있을 때 H-MRSVP는 MH의 이웃의 경계지역에 있는 셀의 MA(Mobile Agent)까지 송신자에서 여분의 PASSIVE 자원 예약을 설정하는 것이다. 주변 셀의 자원 상태를 고려 하지 않음으로써 실시간 서비스를 요구하는 호에 대해서 내부 핸드오프(intra handoff)시 QoS를 보장 못하는 단점이 있다.



(그림 3) HMRSVP 자원 예약 설정

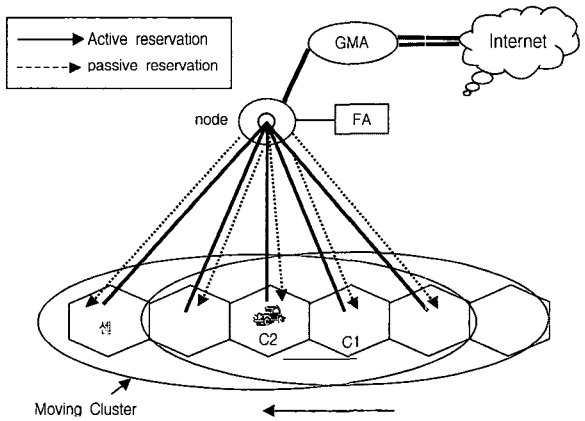
3. 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP

3.1 모델 설계

이동 클러스터 기반의 H-MRSVP는 Mobile IP환경에서 지역적인 등록 절차를 가지는 integrate RSVP 프로토콜이다. 단순화 하기위해 sender와 receiver사이에 단 방향 통신(Simplex unicast communication)을 한다고 가정하였다.

- **GMA(Gateway Mobile Agent)** : RSVP 프로토콜을 지원하지 않는 망과의 연동을 위해 IP header의 encapsulation/decapsulation, RSVP 터널링을 수행한다.
- **FA(Foreign Agent)** : 신규 호와 핸드오프 호를 위해 COA(care-of-address)를 할당 하며, Passive RSVP 자원 예약 설정과 유지를 위해 MH의 주변 셀들에 대해서 트래픽 소스 역할을 수행한다.

(그림 4)는 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP를 나타낸다. 이동 클러스터는 실시간 호의 이동에 따라 클러스터가 호를 따라 이동하는 것으로 호의 QoS를 보장 하기 위해 호를 기준으로 서비스 지역의 범위를 항상 일정하게 유지시켜준다. 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP는 셀마다 자신의 상태 정보에 대한 Active 큐와 클러스터의 상태 정보를 갖는 Passive 큐가 있어 자신의 상태 정보 뿐만 아니라 클러스터의 상태 정보 모두 갖게 된다. Receiver 호가 속한 FA에서는 실질적인 자원을 요구한 호가 속한 셀에게 Active 자원 예약 메시지를 보내고 이 셀의 2차 주변 셀까지 Passive 자원 예약 메시지를 보낸다. Sender 호가 속한 FA에서는 Active 자원 메시지를 받으면 주변 2차 셀까지 Passive 자원 예약을 위해 호에 대한 정보와 갱신 시간을 out-of-band의 시그널을 통해 주변 2차 셀까지 보낸다. 시그널을 받은 주변 2차 셀들은 Passive path메시지를 FA에게 보낸다. FA에서는 Passive path 메시지에 대한 응답으로 Passive RESV메시지를 보내 Passive RSVP 자원 예약을 설정한다. Passive 자원 예약 메시지를 받은 셀에서는 Passive 큐에 이 정보를 저장하고, 셀들은 이 호에 대해서 Passive 예약설정을 한다. 이 Passive 예약 설정은 무선에서 실질적으로 자원을 할당하지는 않지만 앞으로 핸드오프 되어 들어올 호이기 때문에 보장된 연결을 위해 셀에서 Active/Passive 큐의 상태에 따라 새롭게 들어오는 호의 수락/거절이 결정된다.



(그림 4) 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP

3.2 자원 예약 시나리오

이동 클러스터 기반의 H-MRSVP에서는 3가지 경우의

자원 예약 시나리오가 있다. 이것은 호의 이동 클러스터가 등록된 GMA의 수와 FA(Foreign Agent)의 위치에 따라 결정된다. 하나의 GMA의 서비스 영역에 이동 클러스터가 등록되어 있고 하나의 FA에서 서비스 받는 경우와 두개의 FA에서 서비스 받는 경우, 두개의 GMA의 서비스 영역에 등록되어 이동 클러스터가 두개의 FA에서 서비스 받는 경우 등이 있다.

하나의 GMA의 서비스 지역에 MH(Mobile Host)가 등록된 경우

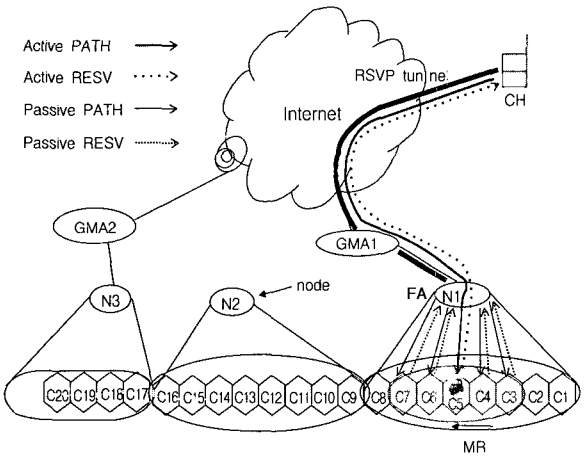
- MH : FA (1 : 1) (그림 5) 참조
- MH : FA (1 : 2) (그림 6) 참조

두개의 GMA의 서비스 지역에 MH가 등록된 경우

- MH : FA (1 : 2) (그림 7) 참조

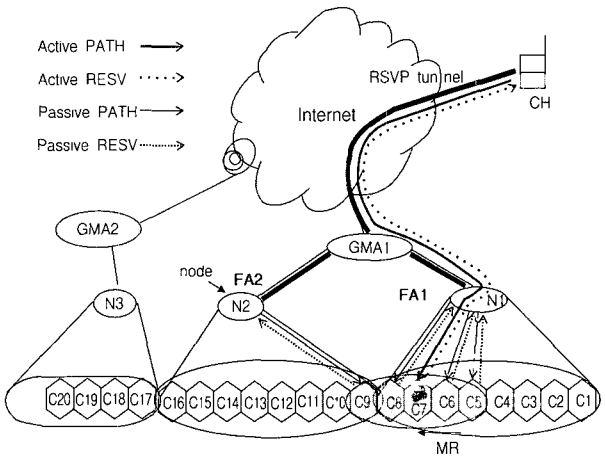
3.2.1 하나의 GMA의 서비스 지역에 MH(Mobile Host)가 등록된 경우

(그림 5)는 이동 클러스터가 하나의 GMA의 서비스 지역에 등록되어 하나의 FA에서 서비스를 받게 되는 경우를 나타낸 것이다.



(그림 5) CASE I : 하나의 GMA에 MH가 등록(MH : FA (1 : 1))

MH(Mobile Host)인 MR(Mobile Receiver)이 초기에 C5 셀에 들어 왔다고 가정을 하면 MR은 N1에게 등록 메시지를 보내고 이 등록 메시지는 GMA1까지 전달 된다. 이 등록 정보에 대한 응답으로 GMA1는 N1 노드를 통해 MR에게 GMA1의 정보를 보낸다. 이때 N1노드는 호의 FA로서 MR의 COA(care-of-address)를 할당 한다. 이 정보는 Receiver_Mspec{GMA1, N1, care-of-address} 메시지를 통해 MR의 HA(Home Agent)에게 전달된다. MR의 위치가 바뀔 때 마다 Receiver_Mspec메시지를 MR의 HA에게 보내는 것은 HA가 멀 경우에 지나치게 많은 시간지연을 가져온다. 따라서 실질적인 호의FA가 바뀔 때만 MR의 HA에게 Receiver_Mspec메시지를 보내고, 나머지 경우에는 지역적인 등록절차로서 FA에서 수행한다. CH(Corresponding Host)에서 MR까지 RSVP 자원 예약을 위해 CH는 out-of-band 메커니즘에 의해 MR의 COA를 얻게 된다. CH와 MR은 서로간에 end-to-end PATH/RESV 메시지를 교환 함으로써 RSVP 자원 예약을 수행 한다. 이때 GMA1는 CH와 N1까지 RSVP 터널을 형성한다. N1이 MR의 FA역할을 수행하여 MR의 이동 클러스터에 속한 셀들에게 Passive RSVP자원 예약을 수행한다. Receiver의 FA에서 주기적으로 refresh 메시지를 받게 되고 클러스터에 속한 셀들에게 refresh 메시지를 전달함으로써 자원 예약을 유지한다. 또한 Sender의 FA에서는 클러스터의 모든 셀에게서 refresh 메시지를 받음으로써 자원 예약을 유지한다. 이동 클러스터에 속한 셀들에게 Passive RSVP 자원 예약을 설정함으로써 MR이 주변 셀로 이동 하더라도 같은 QoS를 보장 받을 수 있도록 한다.



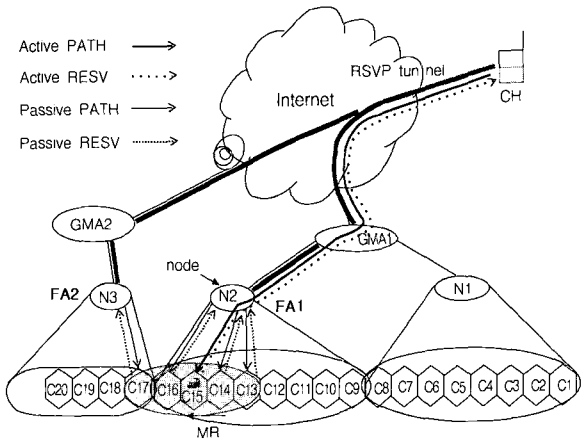
(그림 6) CASE II : 하나의 GMA의 서비스 지역에 MH가 등록 (MH : FA(1 : 2))

(그림 6)은 MR의 이동 클러스터가 하나의 GMA의 서비스 지역에 등록되어 2개의 FA에게서 서비스를 받는 경우에 대한 것으로, GMA1지역에서 MR의 이동 클러스터에 속해 있는 셀에게 서비스를 하기 위해서 두개의 FA가 필요하다. MR이 N1(FA1)과 N2(FA2)를 통해 GMA1의 정보를 얻고, MR은 HA에게 Receiver_Mspec{GMA1, N1, GMA1, N2, care-of-address}를 보내게 된다. CH는MR의 HA를 통해 MR의 위치 정보를 얻는다. CH는 이 정보를 이용하여 CH와 GMA1, GMA1과 N1, N2까지 RSVP Tunnel을 요구한다. N1은 GMA1에게서 받은 정보를 이용하여 C7셀에게 Active RSVP 자원 예약을 수행한다. 또한 C5, C6, C8셀에게는 Passive RSVP자원 예약 설정을 한다. N2에서도 이와 비슷하게 GMA1에서 받은 정보를 이용하여 N2에서 서비스 받는 C9셀에게 Passive RSVP 자원 예약을 하게 된다. 셀이 FA간의 핸드오프를 위해 셀 간의 중첩 지역으로 들어」

가면 N2에서 신규 COA를 할당하여, MR은 두개의 COA를 할당 받는다. N2에서는 Active 자원 예약에 대한 서비스를 하지 않기 때문에 GMA1는 N2노드까지 RSVP 터널을 설정하고 N2에서 C9셀 까지 Passive RSVP 예약을 설정하며 무선자원에 대해서는 단지 경로에 대한 예약만을 하게 하여 무선 자원의 낭비를 막는다.

3.2.2 두개의 GMA의 서비스 지역에 MH가 등록된 경우

(그림 7)은 두 개의 GMA의 서비스 지역에 MH가 등록되어 2개의 FA에게서 서비스 받는 경우를 낸 것으로 이것은 하나의 GMA의 서비스 지역에 등록되어 두개의 FA로부터 서비스 받는 것과 유사하다. 다른점은 GMA2로부터 RSVP 터널이 미리 설정한다는 점이다.

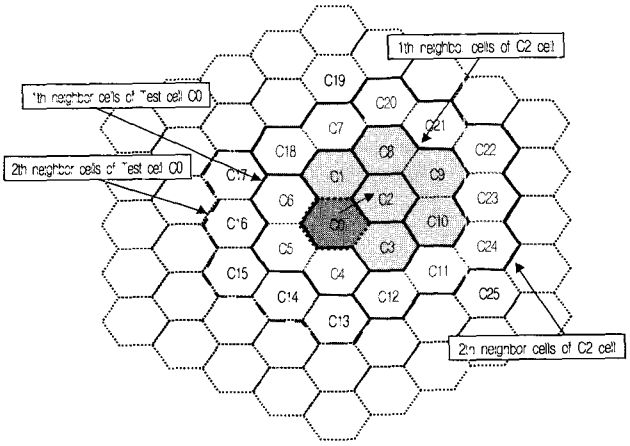


(그림 7) CASE III : 두개의 GMA의 서비스 지역에 MH가 등록 (MH : FA(1 : 2))

MR의 클러스터가 두개의 GMA에서 서비스 받기 위해 CH에게 두개의 GMA정보를 보낸다. GMA1과GMA2의 정보를 받은 MR은 Receiver_Mspec(GMA1, N2, GMA2, N3, care of address)를 HA에게 보낸다. CH는 MR의HA에서 MR의 정보를 받음으로써 CH는 MR이 GMA1에 속해 있는 N2의 C15셀에서 서비스 받고 있고, MR의 이동 클러스터는 N2에 속해있는 C13, C14, C16셀과 GMA2의 하위 노드인 N3의 C17셀에서 서비스 받는 다는 것을 알게 된다. MR의 이동 클러스터에 속해 있는 C17셀에게 Passive 자원 예약을 위해 CH에서 GMA2까지 RSVP Tunnel을 형성한다. 또한 GMA2에서 N3까지 RSVP Tunnel을 형성하고, N3는 FA역할을 하게 됨으로써 C17에게 Passive 자원 예약을 설정한다.

3.3 실시간 트래픽을 위한 호수락 제어 모델

본 논문에서는 한 예로 실시간 트래픽(음성)을 고려하였다. 실시간 트래픽의 이동성 보장을 위해서 클러스터가 움직이는 이동 클러스터 기반의 H MRSVP에서 사용한다. (그림 8)은 C0셀에서 C2셀로 호가 이동할 때 이동 클러스터의 범위를 나타낸 것이다. C2셀에서는 핸드오프 되어 들어오는 호에게 ACTIVE자원 예약을 설정 하고 C2셀을 중심으로 이동 클러스터에 속한 셀들에 대해서 PASSIVE 예약 설정한다. 따라서 C0셀에 있는 호를 위해 C1~C18셀에서 PASSIVE 예약 설정이 되고, C0셀에 있던 호가 C2셀로 이동하면 C2셀에서는 PASSIVE 큐에서 ACTIVE 큐로 연결설정을 변경하며 C20~C24까지의 셀에서 이 호에 대해서 PASSIVE 큐를 새롭게 설정한다. 또한 호가 C2셀로 이동하기 전에 C13~C17셀에서 PASSIVE 큐에 이 호에 대한 PASSIVE 예약 설정이 되어있었으므로 C13~C17셀에서는 PASSIVE큐에서 이 호에 대한 PASSIVE 예약 설정을 해제 시킨다.



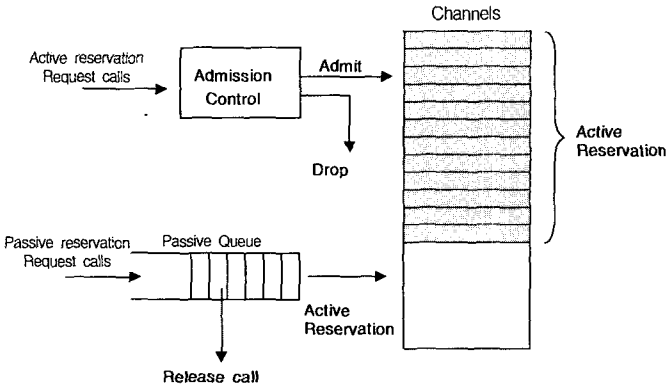
(그림 8) 실시간 트래픽의 이동 클러스터 개념도(C0 -> C2)

이동 클러스터 기반의 H MRSVP에서는 실시간 트래픽의 QoS 보장을 위해 신규 호에 대한 호 수락 제어(Call Admission Control)를 한다. 새롭게 제안 하는 호 수락 제어는 자기 상태 정보 뿐만 아니라 주변 셀들의 상태 정보를 고려하기 위해 Passive 큐의 정보를 이용한다. DCA (Distribute Call Admission Control)와는 다르게 주변 셀의 각각에 대한 상태 정보를 주기 적으로 받지 않고 단지 Passive 큐의 정보만을 이용하여 호 수락 제어를 한다. 또한 Passive 큐의 정보를 이용하여 클러스터에 속한 2차 주변셀 안에 있는 호가2T 시간 후에 테스트 셀(test cell)로 들어와 과부하 될 확률을 고려함으로써 실시간 트래픽을 갖는 호의 이동성을 보장한다. 확률모델에 대한 해석적 모델은 다음 3.3.1절에서 설명한다.

(그림 9)는 셀에서의 자원 예약을 위한 큐 모델로 신규 호가 들어오면 호 수락 제어(Admission Control)에 의해 셀에서 호 수락여부를 결정한다. Passive 호가 들어오면 Passive 큐에 넣게 되고 Passive 큐에 있는 호가 실질적으로 셀로 이동 하면 호 수락 제어를 거치지 않고 사용 가능한 자원이 있으면 Active 자원 예약 설정을 하게 된다.

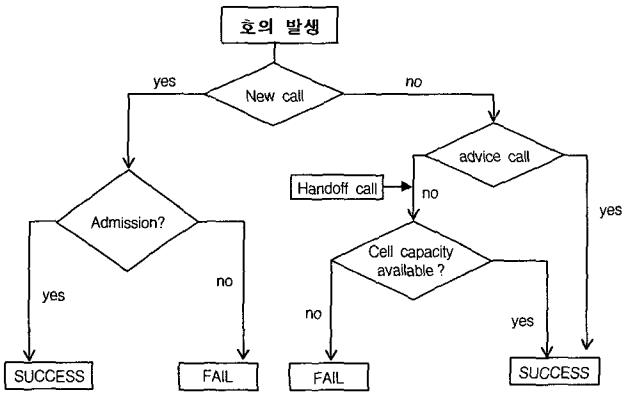
신규호(active reservation request call)는 시스템에

처음으로 들어와 active 예약을 요구하는 호이고, **핸드오프 호(Handoff Call)**는 passive 예약상태로 passive 큐에 저장 된 상태에서 호가 셀로 들어오게 되어 active 예약 상태로 변경을 요구하는 호이다. **Advice호(passive reservation request call)**는 passive 예약을 요구 하는 호이다.



(그림 9) 자원 예약 모델

(그림 10)은 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP에서의 무선 자원의 할당을 위한 호 수락 제어 시나리오를 나타낸 것이다.

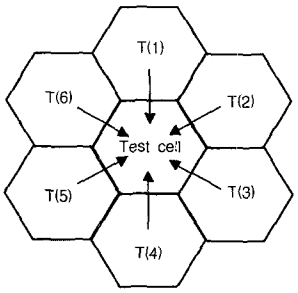


(그림 10) H-MRSVP 제어도

3.3.1 호 수락 제어를 위한 해석적 모델[12, 13]

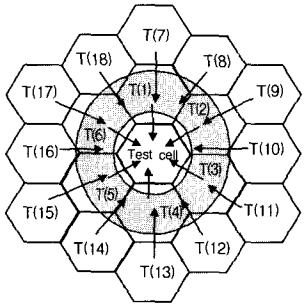
신규 호에 대한 CAC는 다음 절차를 만족 시켜야 받아들이게 된다. .

Step 1 : (그림 11)에서 처럼, 시간 t+T일 때, 테스트 셀에서 과부하(overload)될 확률은 주위 셀에 들어오는 핸드오프 호와 테스트 셀에서 주위 셀로 나가는 핸드오프 호에 영향을 받는다. 이때 테스트 셀에서 1차 주변셀의 상태 정보를 고려하여 과부하 될 확률 P^{f}_{Qos}를 구한다. P^{f}_{Qos}(first QoS)는 직접적으로 테스트 셀에 영향을 주는 QoS 파라메타이다.



(그림 11) 1차 주변 셀을 고려한 P^{f}_{Qos}

Step 2 : (그림 12)를 보면, 셀T(1)~T(17)은 테스트 셀을 기준으로 이동 클러스터이기 때문에 PASSIVE 예약의 정보가 테스트 셀에 어떠한 영향을 주는지 알기 위해서 t+2T일 때 2차 셀로부터 들어오는 핸드오프 호에 의해서 테스트 셀에서 과부하 될 확률 P^{s}_{Qos}를 구한다. P^{s}_{Qos}(second QoS)는 직접적으로 테스트 셀에게는 영향을 주지 않지만 테스트 셀의 1차 주변셀에 영향을 줌으로써 간접적으로 테스트 셀에게 영향을 주게 되는 QoS 파라메타이다.



(그림 12) 2차 주변 셀을 고려한 P^{s}_{Qos}

위의 step1과 2에서 구한 P^{f}_{Qos}와 P^{s}_{Qos}를 고려하여 다음과 같이 테스트 셀에서 과부하 될 확률이 요구하는 QoS보다 작으면 신규호를 받아 들이게 된다(α는 성능 파라메타이다.).

$$\alpha P^{f}_{Qos} + (1-\alpha) P^{s}_{Qos} \le Qos(P_{Qos}) \qquad (1)$$

한 셀에서 호의 존속기간(call duration)($1/\mu_s$)과 다른 셀로 핸드오프 되기 전에 그 셀에 남아 있는 시간 ($1/h_s$)은 지수(exponential)분포를 따른다.

어떤 호가 T시간 후에 그 셀에 남아있을 확률(P_s)과 인접한 셀로 이동해서 핸드오프 될 확률(P_m)은 식 (2)와 같다.

$$P_s = e^{-(\mu_s + h_s)T}, \quad P_m = 1 - e^{-h_s T} \qquad (2)$$

또한 임의의 시간 t_0에서 한 셀에 있는 호의 개수가 k개이고, $t_0 + T$때 그 셀에 남아있는 호의 개수인 i의 확

률분포는 식 (3)과 같이 이항(Binomial)분포를 따른다.

$$B(i,k,p_s) = \binom{k}{i}(p_s)^i(1-p_s)^{k-i} \quad (3)$$

이때 한 셀에서, 다른 셀로 핸드오프 되는 호의 개수 j 도 이항분포를 따른다. 즉 $B\left(j,k,\frac{p_m}{6}\right)$ 또한 테스트 셀에 인접한 셀들은 핸드오프로 들어오는 호들을 위해 채널 용량을 예약한다. 따라서 인접한 셀들에서 발생하는 호들은 폭주가 될 경우에 차단 될 수 있기 때문에 실제 호 발생율은 더 작아 진다. 이것을 고려한 각 셀에서 호 손실률은 Erlang B loss Formula를 이용하여 계산되어진다.

Erlang B loss probability는 식 (4)와 같다.

$$p_n = \frac{\frac{p^n}{n!}}{\sum_{k=0}^{n} p^k/k!} \quad (4)$$

이때 n은 한 셀에 존재할 수 있는 최대 음성호의 개수이다.

위 식을 이용해서 실제 호 발생율(λ_{es})은 아래 식 과 같이 계산 할 수 있다.

$\lambda_{es} = \lambda_{es}(1-p_n)$ 여기서 계산된 값은 이웃 한 셀에서 실제 호 발생률에 적용된다.

이동 클러스터 기반의 H-MRSVP에서 호 수락 제어를 위한 파라메타는 다음과 같다.

- n_{cs} : 현재 테스트 셀(Test cell)에 있는 호의 개수
- n_{ni}^{l} : l차 주변 셀 중에서 ni번째 셀에서의 호의 개수
- p_s : 호가 T시간 후에도 셀에 계속 남아 있을 확률
- p_m : 호가 주변 셀로 핸드오프 될 확률
- m : T시간 후에 테스트 셀에 남아 있을 평균 호의 개수
- $E(n)$: 클러스터 안에 있는 각 셀의 평균 호의 개수
- δ : T시간 후에 테스트 셀에 남아 있을 호의 평균 분산
- N : 하나의 셀에서의 총 채널 용량
- λ_{es} : 셀에서 실제 호 발생률을 고려한 평균 호 도착율
- P_0 : 셀에서의 과부하 확률

가능 조건1에서의 QoS(P_{Qos}^{f})는 식 (5)와 같이 얻어진다.

$$m = n_{cs}p_{cs} + \sum_{i=1}^{6}\left(\frac{n_{ni}^{1}p_m}{6}\right)$$
$$\delta^2 = n_{cs}p_s(1-p_s) + \sum_{i=1}^{6}\left(\frac{n_{ni}^{1}p_m}{6}\left(1-\frac{p_m}{6}\right)\right) \quad (5)$$

위에서 얻은 평균과 분산을 이용하여 셀에서의 과부하 확률은 다음 식 (6)과 같이 Gaussina 분포로 근사하여 나타낼 수 있다.

$$P_0 = \sum_{k=N+1}^{n_{cs}+\sum_{i}^{6}n_{ni}^{1}} P_{n_{cs},\,l+T}(k) \approx Q\left(\frac{N-m}{\alpha}\right) \le P_{Qos} \quad (6)$$

가능 조건 2에서의 QoS(P_{Qos}^{s})는 식 (7)과 같다.

$$m = \left(n_{cs}p_s + \sum_{i=1}^{6}\left(\frac{n_{ni}^{1}p_m}{6}\right)\right)p_s + \left(\sum_{i=1}^{6}n_{ni}^{1}p_s + 4E(n)p_m + 6\lambda_{es}Tp_s\right)\frac{p_m}{6}$$
$$\delta^2 = n_{cs}p_s^2(1-p_s^2) + \sum_{i=1}^{6}\left(\frac{n_{ni}^{1}p_m p_s}{6}\left(1-\frac{p_m p_s}{6}\right)\right) + \left(\sum_{i=1}^{6}\frac{n_{ni}^{1}p_m p_s}{6}\left(1-\frac{p_m p_s}{6}\right) + 4E(n)\frac{p_m^2}{6}\left(1-\frac{p_m^2}{6}\right) + 6\lambda_{es}T\frac{p_m p_s}{6}\left(1-\frac{p_m p_s}{6}\right)\right) \quad (7)$$

Gaussian distribution

$$G(mean,\ variance) \approx Q\left(\frac{N-m}{\delta}\right) \le P_{Qos} \quad (8)$$

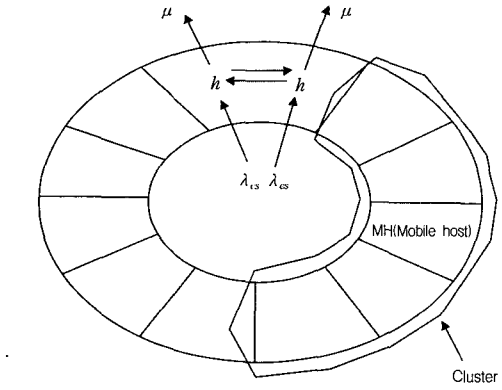
위의 두 가능 조건의 과부하 확률에 대한 QoS가 $\alpha P_{Qos}^{f} + (1-\alpha)P_{Qos}^{f} \le Qos(P_{Qos})$를 만족하게 되면 신규 호에 대해서 받아들이게 된다.

4. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 장에서는 실시간 트래픽(real traffic)을 갖는 호를 위해 제안한 이동 클러스터기반의 H-MRSVP에서 호 수락 제어 기법(call admission control)과 보호 채널 할당 방식, 분산 호 수락 제어기법의 신규 호 차단율(new call blocking probability), 핸드오프 손실율(handoff call dropping probability), 시스템에서의 채널 사용율(channel utilization), 호의 서비스 완료율(call service completion probability)을 C++를 이용한 시뮬레이션 프로그램[10, 11]을 만들어 비교 분석하였다.

4.1 시뮬레이션을 위한 가정

- 1 차원으로 구성된 12개의 셀 구조
- 하나의 셀의 전체 무선 채널 용량 : 50 채널 / cell
- 실시간 서비스를 요구하는 호가 사용하는 채널 용량 : 1 채널 / call
- 신규 호의 평균 서비스율 μ : 1/500
- 호의 평균 핸드오프율 h : 1/100
- 보호 채널의 수 : 6, 7, 8
- 이웃 셀의 상태 정보 갱신 주기(T) = 20sec

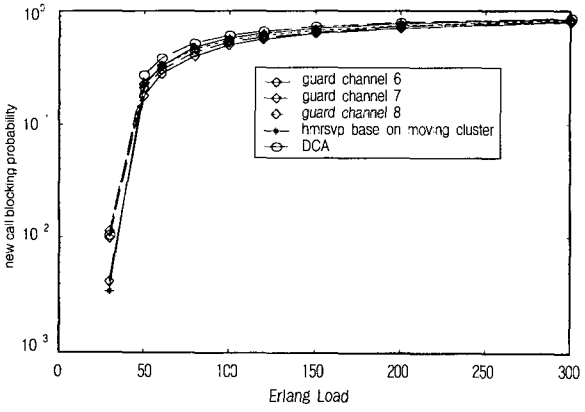


(그림 13) 시뮬레이션을 위한 1차원 셀 구조

4.2 분석 결과

이동 클러스터 기반의 H-MRSVP의 호 수락 제어 기법은 분산 호 수락 제어(DCA)와 보호 채널 할당 기법 등을 트래픽의 부하를 증가시키면서 신규 호 차단율(new call blocking probability), 핸드오프호 손실율(handoff call dropping probability), 전체 시스템 이용율(utilization), 호의 서비스 완료율(completion rate)을 비교하였다. 위의 3가지 무선 자원 할당 기법에서 핸드오프로 들어온 호들은 전체 채널 용량을 다 쓸 때까지 받아들인다. 만약 전체 채널이 사용중이면, 그 핸드오프로 들어오는 호는 손실된다.

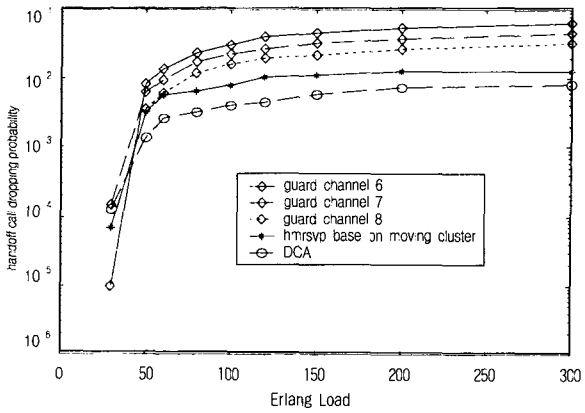
시뮬레이션1 : (그림 14), (그림 15)는 Erlang Load를 30~300까지 증가시키면서 신규 호의 차단율, 핸드오프 호 손실율을 비교 분석하였다($p_{Qos} = 0.01$, $\alpha = 0.8$).



(그림 14) 신규 호의 차단율/Erlang Load

(그림 14)에서 신규 호의 차단율을 보면 분산 호 수락 제어 기법이 가장 높게 나오는 것을 볼 수 있다. 이것은 주의 셀의 상태에 따라 호에서 받아들일 수 있는 양이 결정 되기 때문에 분산 호 수락 제어 기법에서는 지나치게 많은 호를 차단하게 된다. 결과적으로 전체 시스템의 성능을 감소 시키게 된다. 보호 채널의 경우 논문에서 제안한 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP와 비교 하였을 때 신규 호의 차단율이 낮게 나오는 것을 볼 수 있는데 이것은 일정한 수준의 셀 상태 이하에서는 무조건 주변 셀의 상태에 관계없이 받아 들이게 되어 핸드오프 호에 대한 QoS를 만족 못 시키는 결과를 가져오게 된다.

(그림 15)는 핸드오프 호 손실율에 대해서 살펴본 것이다.



(그림 15) 핸드오프 호 손실율 / Erlang Load

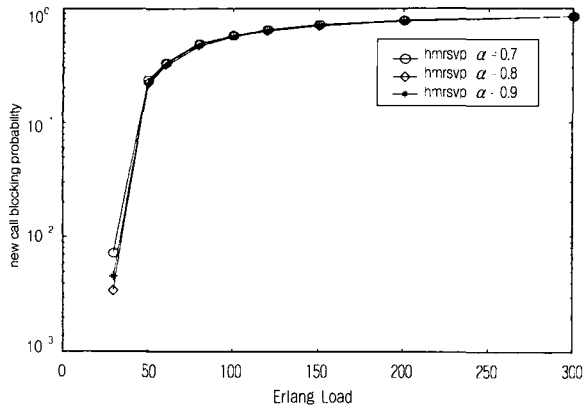
DCA와 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP만이 시스템에서 요구하는 QoS(0.01)를 만족 시켜주는 것을 알 수 있다. DCA인 경우 지나치게 QoS를 보장해줌으로써 신규 호의 차단율이 높아져 전체 적인 시스템의 성능을 감소 시키게 된다. H-MRSVP인 경우 QoS를 최대한 만족 시켜주면서 신규 호의 차단율을 줄여 전체적인 시스템 성능을 향상 시킬 수 있다. 보호 채널의 경우 DCA나 H-MRSVP보다 신규 호의 차단율이 낮게 나오는 것을 보이지만 주위 셀에 대한 상태를 고려하지 않기 때문에 핸드오프 호 손실율이 요구되는 QoS보다 높게 나오는 것을 알 수 있다.

시뮬레이션 2 : (그림 16) ~ (그림 19)는 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP에서 ACTIVE 파라메타인 α 값의 변화에 따른 신규 호의 차단율, 핸드오프 호 손실율, 전체 채널 사용율과 호의 서비스 완료율을 Erlang Load를 30~300까지 증가시키면서 분석하였다($p_{Qos} = 0.01$).

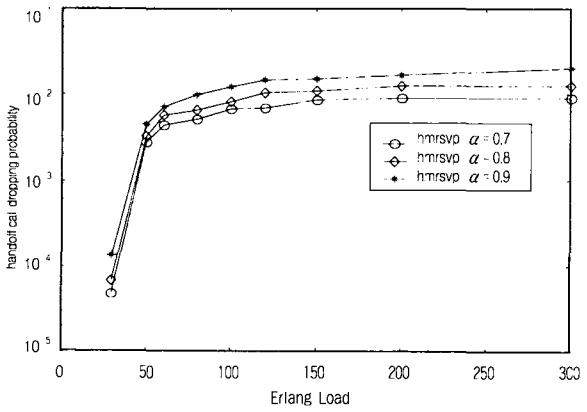
(그림 16)은 α (성능 파라메타) 값의 변화에 따른 신규 호의 차단율을 비교한 것이다. 이것은 셀에서 실질적인 자원 사용정도와 클러스터의 상태 정보 중에서 1차 주변셀의 상태 정보를 고려한 P^{f}_{Qos} 와 2차 주변셀의 상태 정보를 고려한 P^{s}_{Qos} 의 비율에 따른 차이를 나타낸다. 성능 파라메타 값의 변화에 따른 신규 호의 차단율에서는 큰 차이가 나지 않는 것을 알 수 있다.

(그림 17)에서는 성능 파라메타 값에 따른 핸드오프 호의 손실율을 비교하였다. 결과에서 알 수 있듯이 성능 파라메타 값에 따라 셀에 직접적인 영향을 주는 P^{f}_{Qos} 와 간접적으

로 셀에 영향을 주는 P^s_{Qos}의 비율에 따라 핸드오프 되어 들어오는 호를 위해 채널을 예약해야 하는 비율이 변하게 됨으로 핸드오프 호의 손실율에 차이를 보이게 된다. 이 때 P^s_{Qos}에 많은 비율을 주게 되면 2T시간 후를 고려한 비율이 높아지기 때문에 핸드오프 호 손실율이 낮아지게 된다.



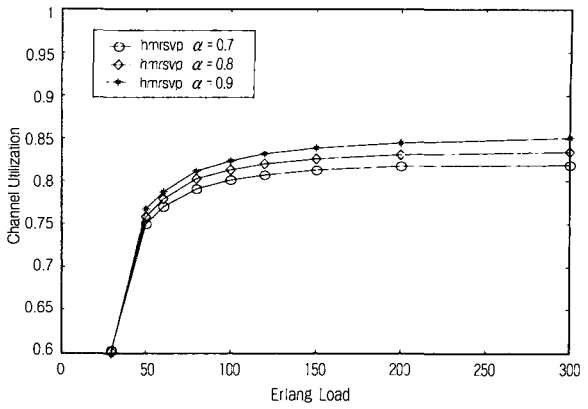
(그림 16) 성능 파라메타에(α =0.7, 0.8, 0.9)에 따른 신규 호의 차단율



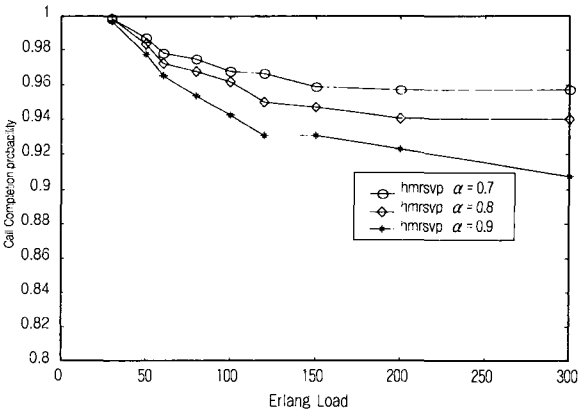
(그림 17) 성능 파라메타(α =0.7, 0.8, 0.9)에 따른 핸드오프 호 손실율

(그림 18)은 성능 파라메타 값에 따른 전체 채널 사용율을 비교한 것이다. 성능 파라메타의 값이 감소함에 따라 전체 채널 사용율이 낮아지게 된다. 성능 파라메타 값이 작다는 것은 핸드오프 호를 위해 자원 예약을 많이 하게 됨으로 신규호의 차단율이 높아지게 됨으로 채널 이용율이 낮아지게 되는 것이다.

(그림 19)는 성능 파라메타에 따른 호의 서비스 완료율을 비교한 것이다. 서비스 완료율은 호가 시스템에 받아들여지게 되었을 때 완전한 서비스가 끝날 때까지 강제로 호가 종료되지 않을 확률을 말한다. 따라서 호의 서비스 완료율은 신규 호 차단율과 핸드오프 호의 손실율에 영향을 받게 된다. 호의 차단율과 손실율이 낮을수록 서비스 완료율은 높아지게 되기 때문에 성능 파라메타 값이 작을수록 서비스 완료율은 증가하게 된다.



(그림 18) 성능 파라메타(α =0.7, 0.8, 0.9)에 따른 전체 채널 사용율



(그림 19) 성능 파라메타(α =0.7, 0.8, 0.9)에 따른 호의 서비스 완료율

이동 클러스터 기반의 H-MRSVP는 셀에 직접적으로 영향을 미치는 주변 1차 셀에 의해서 얻는 P^f_{Qos}와 간접적으로 영향을 미치는 주변 2차 셀에서 얻은 P^s_{Qos}에 의해서 QoS가 결정되게 된다. 이때 $\alpha P^f_{Qos} + (1-\alpha) P^s_{Qos}$의 α값에 의해서 시스템 성능이 결정되어진다. α값이 크다는 것은 셀에 직접적인 영향을 주는 1차 주변셀에 비중을 많이 두게 되는 것으로 가까운 미래까지만 예측한 결과로써 2차 주변셀에 비중을 많이 둔 결과 보다 요구하는 QoS를 만족시키지 못한다. 또한 PASSIVE QoS에 큰 비중을 두게 되면 요구하는 QoS를 지나치게 고려하여 전체적인 성능을 감소시킨다.

5. 결 론

본 논문에서는 인터넷 서비스를 제공하기 위한 무선 환경에서 이동 단말에 대한 이동성 보장과 핸드오프시 유선과 동일한 인터넷 QoS를 보장하기 위해 이동 클러스터 기반의 H MRSVP 무선 자원 예약 프로토콜을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP에서는 각 셀에서 사용자에게 보장된 서비스를 제공하기 위해 새로운 서비스를 요구하는 사용자에 대해 셀의 상태 정

보인 ACTIVE 큐와 이동 클러스터의 상태 정보인 PASSIVE 큐의 상태를 고려하여 시스템에서 서비스 받는 호의 강제 종료율 또는 과부하율을 요구하는 QoS로 일정하게 유지시키면서 전체적인 시스템 성능을 향상 시키기 위한 호 수락 제어 기법을 제안하였다.

결과적으로, MRSVP의 지나친 자원 낭비를 막기위해 계층적 구조에서 이동 클러스터를 이용하여 MRSVP를 하게 함으로써 다른 자원 관리 기법인 DCA, 보호 채널과 비교하였을 때 QoS를 만족 시키면서 전체적인 시스템 성능을 향상 시키는 것을 볼 수 있었다. 또한, 이동 클러스터 기반의 H-MRSVP에서 P^{f}_{Qos}(first QoS)와 P^{s}_{Qos}(second QoS)의 비율을 변화 시켜가면서 시뮬레이션을 하였을 때 신규호의 차단율, 핸드오프 호 차단율, 시스템 사용율의 분포를 살펴봄으로써 시스템의 요구사항에 따라 동적으로 적용시킬 수 있는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Bongkyo Moon, Hamid Aghvami, "RSVP Extensions for Real-Time Services in Wireless Mobile Networks," IEEE Communications Magazine, December, 2001, pp.52-59.

[2] A. K Talukdar, B. R. Badrinnath, and A. Acharya, "MRSVP : A Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts," Dept. comp. Sci. tech. Rep. TR-337, Ruters Univ.

[3] W. T. Chen and L. C. Huang, "RSVP Mobility Support : A Signaling Protocol for Integrated Services Internet with Mobile Hosts," INFOCOM 2000.

[4] Mahmoodian. A, Haring. G "Mobile RSVP with dynamic resource sharing," wireless Communications and Networking Conference 2000, WCNC.2000 IEEE Vol.2. pp.896-901, 2000.

[5] Mahmoodian, A.; Haring, G. "A mobile resource reservation mechanism with dynamic resource sharing," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2000. PIMRC 2000. The 11th IEEE International Symposium on , Vol.2 , pp.1192-1196, 2000.

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

[7] Lon-Rong Hu and Stephen S. Rappaport, "Personal Communication Systems Using Multiple Hierarchical Cellular Overlays," IEEE JSAC. Vol.3. No2, pp.408-415, February 1995

[8] X. Lagrange and P. Godlewski, "Teletraffic analysis of a hierarchical cellular network," IEEE VCT'95, Vol.2, pp.896-901, 1995.

[9] M. Naghshineh and M. Schwartz, "Distributed Call Admission Control in Mobile/Wireless Network," IEEE JSAC. Vol.14 No.4, May 1996.

[10] Averill M. Law, W.David Kelton, SIMULATION MODELING & ANALYSIS, MC Graw Hill, 1991.

[11] Jerry Banks, John S. Carson, Barry L. Nelson, DISCRETE-EVENT SYSTEM SIMULAITON, Prentice Hall, 1996.

[12] Jeong-Jae Won, Eui-Seok Hwang, Hyong-Woo Lee, Choong-Ho Cho, "A Wireless Call Admission Control Based on Restricted Access Scheme for Multimedia Services," ICACT '2001, Korea, pp.237-242.

[13] 원정재, 이형우, 조충호, "멀티 셀 환경에서 멀티미디어 서비스 지원을 위한 적응적인 호 수락 제어 기법," Telecommunications Review, Vol.9, No.3, 1999, pp.385-398.

마 경 민

e-mail : makm@tigerking.korea.ac.kr
1999년 고려대학교 전자 및 정보공학과 졸업(학사)
2002년 고려대학교 전자 및 정보공학과 (공학석사)
관심분야 : 무선 이동망에서의 핸드오프와 위치관리, 인터넷 QoS, 멀티미디어 통신

원 정 재

e-mail : wonjj@tigerking.korea.ac.kr
1995년 고려대학교 전산학과 이학사
1998년 고려대학교 전산학과 이학석사
1998년~현재 고려대학교 전산학과 박사과정
관심분야 : WATM/IMT-2000 트래픽 제어 및 QoS 관리, IP 기반 이동통신, 멀티미디어, 개방형 통신망 구조 (TINA)

이 형 우

e-mail : hwlee@tiger.korea.ac.kr
1979년 University of British Columbia Electrical Engineering(학사)
1983년 University of Waterloo, Electrical Engineering(공학박사)
1983년~1991년 Carleton University, systems and Computer Engineering 조교수
1992년~1995년 University of Waterloo, Electrical and Computer Engineering 조교수
1995년~현재 고려대학교 전자 및 전자공학부 교수
관심분야 : 통신망 설계 및 성능분석, ATM트래픽 제어, MAC 프로토콜, 이동망에서의 핸드오프와 위치관리, AON

조 충 호

e-mail : chcho@tiger.korea.ac.kr
1981년 고려대학교 공과대학 산업공학과 (학사)
1983년 고려대학교 공과대학 산업공학과 (석사)
1986년 프랑스 Institute National des Sciences Appliques de Lyon 전산학과(석사)
1989년 프랑스 INSA de Lyon 전산학과(박사)
1990년~1994년 순천향대학교 전산통계학과 조교수
1994년~현재 고려대학교 전산학과 교수
관심분야 : 통신망 트래픽관리기술,무선통신 시스템, 멀티미디어 통신, 인터넷 비즈니스