

# 무선 이동 망에서 PMRSVP를 이용한 효율적인 자원 관리

한 승 진<sup>†</sup> · 박 양 재<sup>††</sup> · 임 기 욱<sup>†††</sup> · 이 정 현<sup>††††</sup>

## 요 약

오늘날 무선 이동 망의 빠른 기술 발전으로 인해 이동 인터넷 서비스의 시장이 급속히 팽창하고 있다. 본 논문에서는 무선 이동 망에서 이동 호스트의 QoS 보장을 위한 효율적 자원 예약 프로토콜인 Proxy MRSVP(PMRSVP)를 제안한다. PMRSVP는 수정된 지역 위치등록을 이용하여 무선 이동 망에서 기존의 Best Effort 서비스의 개선책으로 제시되고 있는 프로토콜들의 문제점인 메시지 과다 발생을 줄인다. 또한, Mobile Agent(MA)들이 Corresponding Host(CH)의 프록시 역할을 하도록 함으로써 신호 메시지 발생 양과 자원 예약 비용이 MRSVP와 Hierarchical MRSVP(HMRSVP) 방법에 비해 낮다는 것을 보인다. 본 논문의 우수성을 보이기 위해 MRSVP와 HMRSVP 그리고 PMRSVP를 도메인 내(intradomain)와 도메인간(interdomain)의 위치 등록 비용을 포함한 자원 예약 비용을 비교한다.

## An Efficient Resource Reservation Schemes using PMRSVP in Wireless Mobile Networks

Seung-Jin Han<sup>†</sup> · Yang-Jae Park<sup>††</sup> · Kee-Wook Rim<sup>†††</sup> · Jung-Hyun Lee<sup>††††</sup>

### ABSTRACT

Today's market share of mobile internet service is growing rapidly in internet due to the rapid advances in wireless mobile networks. To guarantee for QoS of Mobile Nodes in wireless mobile networks, we propose the Proxy MRSVP (PMRSVP) which is efficient resource reservation protocol. The PMRSVP using a modified regional registration restrains excessive message generation from existing protocols that propose an alternative plan of existing best effort service in wireless mobile networks. We show that signaling message generation quantities and resource registration costs of the PMRSVP are lower than MRSVP and Hierarchical MRSVP (HMRSVP) because as Mobile Agent (MA) plays a proxy role instead of Corresponding Host (CH). We evaluate resource reservation cost with registration cost of intradomain and interdomain of the proposed method in the paper by comparing to that of the MRSVP and HMRSVP.

**키워드 :** 핸드오프(Handoff), 위치등록(Registration), 프록시(Proxy), QoS(Quality of Service), 자원 예약 프로토콜(RSVP : Resource reSerVation Protocol), MRSVP(Mobile RSVP), HMRSVP(Hierarchical MRSVP), PMRSVP(Proxy MRSVP)

### 1. 서 론

기존의 유선 망에서는 Best Effort 서비스를 채택하였다. 서비스를 제공하고자 하는 호스트 및 라우터(혹은 게이트웨이)는 자신의 자원 중 현재 사용할 수 있는 자원만을 순서적으로 할당하는 서비스를 지원하였다. 이러한 Best Effort 서비스는 기존의 음성 호(voice call) 및 단순한 메시지 서비스(SMS)와 같이 비 실시간 데이터를 전송하기에는 적합하지만 멀티미디어 트래픽의 실시간 전송에는 적합하지 않다[1]. 따라서 사용자가 요구하는 서비스를 만족시킬 수 있는 Quality of Service(QoS)를 보장하기 위해 실질적인 데

이터를 전송하기 이전에 수신 노드는 자신이 필요로 하는 자원을 송신 노드와 서로 협상을 하는 Resource reSerVation Protocol(RSVP)의 연구가 지속적으로 진행되고 있다[1-4].

무선 환경에서의 서비스 품질 보장은 유선 환경에 비해 더 많은 제약조건을 갖게 되며 특히, 멀티미디어 트래픽을 위한 자원 예약은 Mobile Host(MH)의 이동성으로 인해 기존의 유선 망에서 사용하던 자원 예약 프로토콜인 RSVP를 그대로 사용할 수 없다[2]. 따라서 유선 망에서 사용하던 RSVP에 노드의 이동성을 추가하여 Mobile RSVP(MRSVP)[2]와 이를 수정한 개선된 방법[7, 15, 17-19]들이 제안되고 있다.

본 논문에서는 MRSVP 및 기존 방법의 문제점을 보이고, 수정된 지역 위치등록[6]이 적용된 PMRSVP를 이용하여 자원 예약 비용을 낮춘다. 따라서 본 논문에서는 기존의 망 구조(IPv4)에 변화를 가하지 않으면서, 앞서 제시한 문제점들을 해결하는 Proxy MRSVP(PMRSVP)를 제안한다.

<sup>†</sup> 정 회 원 : 인하대학교 컴퓨터공학부 강의전담 조교수

<sup>††</sup> 정 회 원 : 가천김대하 전산정보처리과 교수

<sup>†††</sup> 종신회원 : 선문대학교 산업공학과 교수

<sup>††††</sup> 종신회원 : 인하대학교 컴퓨터공학부 교수

논문접수 : 2002년 11월 6일, 심사완료 : 2003년 4월 28일

## 2. 무선 이동 망에서의 QoS 문제

유선 망에서의 RSVP는 수신 노드가 송신 노드로부터 전송 받은 PATH 메시지를 근거로 QoS를 보장 받기 위해 필요한 망 자원을 예약한다. 수신 노드는 송신 노드에서 전송한 PATH 메시지 경로의 반대 방향으로 대역폭과 경로를 따라 존재하는 라우터에서의 자원 처리 등이 담긴 RESV 메시지를 전송한다[1].

유선 망에서는 노드(또는 호스트)가 이동을 하지 않기 때문에 송신 노드와 수신 노드가 최초의 자원 협상시 결정하였던 자원만을 이용하여 패킷을 송수신할 수 있다. 그러나 무선 이동 망에서는 노드가 이동을 하기 때문에 송신 노드와 수신 노드가 최초로 협상하여 결정한 자원을 이용하여 패킷을 송수신 하다가, 노드가 다른 지역으로 이동을 하게 되면 새로운 지역에서 송신 노드와 수신 노드는 자원에 대해 재협상을 하여야 한다. 협상이 진행되는 동안에는 에이전트간에 RSVP 세션이 재 설정되어야 하기 때문에 핸드오프 지연이 발생되고, 이는 서비스 질의 저하를 초래하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 Talukdar et. al.,[2]는 기존의 RSVP에 MH의 이동성을 고려하여 MRSVP를 제안하였다. MRSVP는 MH가 현재 위치한 지역을 중심으로 MH가 이동 가능한 주변 지역의 Mobile Agent(MA)에 자원을 예약할 수 있는 Passive PATH와 Passive RESV 메시지를 추가하였다. MH가 새로운 지역으로 핸드오프할 경우, 이동한 지역에서는 Passive 메시지를 이용하여 자원 협상이 끝난 상태이기 때문에 MH에게 지연없이 패킷을 송수신할 수 있다. 또한 MH가 이전 지역으로 되돌아가는 것에 대비하여 이전 지역을 Active 상태에서 Passive 상태로 스위칭한다. 그러나 MRSVP는 MH가 핸드오프를 빈번히 한다면 MH 혹은 MA로부터 Corresponding Host(CH)로(또는 역으로) 전달되는 메시지가 과다하게 발생된다[7].

Hierarchical MRSVP(HMRSVP)[7]에서는 MRSVP에서 MH 또는 MA가 메시지를 과다하게 발생하는 것을 방지하기 위해 MH의 이동을 '지역내(intra-region)'와 '지역간(inter-region)'으로 분류하여 CH에게 전송되는 메시지의 양을 줄이면서 핸드오프 지연 시간을 줄이고자 했다. 그러나 이 방법은 비록 메시지의 양은 줄이지만 MH가 지역간 이동한다면 홈망에 등록을 해야 한다[20].

Paskalis et. al.,[15]는 효율적인 QoS 기법을 위해 Care-of Address(CoA)를 지역과 도메인으로 나누어 관리하였다. 이 방법은 TeleMIP[17]과 유사하다. TeleMIP은 동일 도메인 내에서 Local IP 주소를 이용하여 Home Agent(HA)와 Foreign Agent(FA)간 주고 받는 신호 메시지를 줄이고자 했다. 그러나 [17]에서 지적한 것처럼 Local IP 주소를 사용하게 되면 동일하지 않은 도메인에서 해당 MH를 접속하고자

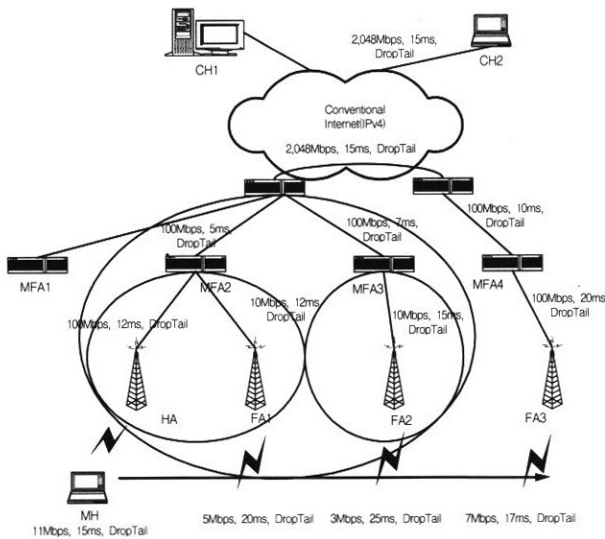
할 때 찾을 수 없는 문제가 발생한다. 또한 노드의 도메인 이동성을 최상위 MA들의 테이블인 Mobile Access Point(MAP)에서 일괄적으로 관리하고, Route Optimization[16]과 IPv6를 사용하여 QoS를 높이고자 하였다. 그러나 본 논문은 수정된 지역 위치등록[6]을 이용하여 노드의 이동성을 분산적으로 관리하며, Mobile IPv4 망에 적용하기 때문에 [15]와는 접근 방법이 다르다.

## 3. PMRSVP를 이용한 MH의 QoS 보장

무선 이동 망에서 RSVP를 이용한 QoS 문제의 해결은 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 MH가 새로운 지역으로 이동 시에 발생하는 HA와의 경로 불일치 문제 해결[4,5]와 MH가 위치 등록 후 차후에 이동하기 전에 필요한 자원을 미리 예약하기 위해 주변 지역의 IP 주소를 송신 노드로 보내어 자원을 예약하는 경우[2,8]로 나눌 수 있다.

노드의 이동성이 고려된 RSVP는 MH가 수신인 경우 현재 위치를 중심으로 MH의 핸드오프에 대비하여 주위 지역에 필요로 하는 자원을 미리 예약을 한다. MRSVP[2,8]은 유선 망에서 사용하는 RSVP에 이동 노드의 개념을 추가하여 Passive PATH 메시지와 Passive RESV 메시지를 추가하였다. FA가 Receiver\_MSPEC을 이용하여 주변 지역의 MA 목록을 CH로 전송을 한다. CH는 이 목록의 MA들에게 Passive PATH 메시지를 전송하고, 이 메시지를 수신한 MA들은 Passive RESV 메시지를 CH에게 전송을 한다. 그러나 이 방법은 MH가 빈번히 핸드오프를 한다면 심각한 대역폭의 낭비를 초래할 수 있다. 이 방법을 보완한 것이 HMRSVP[7]이다. HMRSVP는 지역내(intra-region)의 핸드오프시 MH의 이동 사실을 CH에게 알리지 않고, Gateway Foreign Agent(GFA)가 MH 주변 지역의 에이전트에게 자원 예약을 하도록 한다. 지역간(inter-region)의 핸드오프시 MH의 이동 사실을 이동하는 지역의 GFA가 하위 레벨의 에이전트를 통해 보고 받는다. MH는 CH에게 Receiver\_MSPEC의 목록에 자신의 GFA와 이동할 지역의 GFA를 추가하여 전송하고, CH는 새로운 GFA에 Passive PATH 메시지를 전송하여 자원을 예약하도록 한다. 그러나 HMRSVP는 (그림 1)에서처럼 MH가 HA와 FA의 영역 중첩 부분에 위치하는 경우 FA는 MH가 HA와 연결을 해제하기 전에 MH의 존재를 GFA2에 보고를 해야 한다. 또한 이 방법은 비록 메시지의 양은 줄이지만 MH가 지역간 이동한다면 홈망에 등록을 해야 하므로, 전송 지연이 발생한다.

본 논문은 무선 PMRSVP에서 MH의 이동성을 관리하는 수정된 지역 위치등록을 설명한다. 다음에 MH가 GFA 내에서 핸드오프 하였을 경우와 GFA간 핸드오프 하였을 경우로 나누어 MRSVP, HMRSVP, 그리고 PMRSVP 방법을 각각 설명하고, 평가한다.



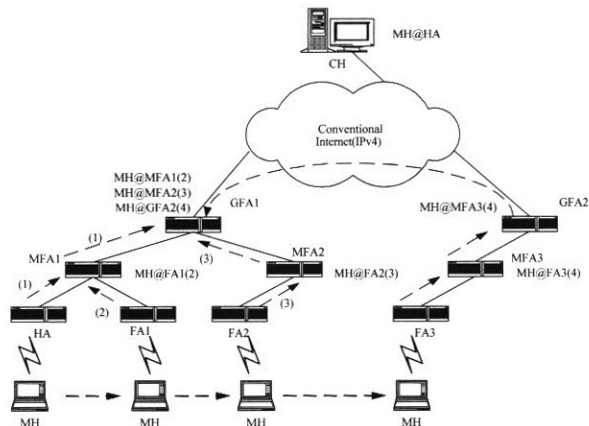
(그림 1) 본 논문의 네트워크 구조

(그림 1)에서 GFA는 하나의 도메인(혹은 망)을 관리하는 장치이고, 하위 계층으로는 여러 개의 Middle FA(MFA)를 둔다. GFA와 다른 GFA간에는 인터넷 망(IPv4)을 통해 중계선으로 접속이 된다. MFA는 서브 망을 관리하는 장치이고, 하위 계층으로는 여러 대의 FA(HA 포함)를 둔다. FA는 MH를 위한 Access Point로서 일정한 영역을 갖는다. 동시에 여러 대의 MH가 하나의 FA에 접속이 가능하다. MH와 FA(HA 포함)는 무선으로 접속되고, FA와 상위 장치들간에는 유선으로 연결된다.

3.1 수정된 지역 위치등록을 이용한 MH의 위치 관리[6]

3.1.1 최초 위치등록

(그림 2)에서 MH가 HA에 위치 등록을 하고 홈 IP 주소를 할당 받는다. MH의 위치 정보는 HA, MFA1, 그리고 GFA1에 보고된다. MFA1과 GFA1의 라우팅 테이블에는 MH의 위치 정보가 저장되고, 이 후에 MH에 전송되는 패킷의 라우팅을 위해 사용된다.



(그림 2) 핸드오프에 따른 MH의 위치 정보의 통보 범위

3.1.2 동일한 MFA 내에서 MH가 이동한 경우

MH가 HA에서 위치 등록을 마친 후 FA1으로 이동을 한다. MH의 이동 사실을 보고 받은 FA1은 이 정보를 HA와 부모가 같은 MFA1까지만 보고한다. MFA1은 MH의 위치 정보를 라우팅 테이블에 저장한다. CH에서 전송하는 패킷은 GFA1을 거쳐 MFA1에 도착한다. MFA1은 라우팅 테이블을 이용하여 MH의 위치가 HA에서 FA1으로 변경된 사실을 알고 패킷을 FA1으로 전송한다.

3.1.3 동일한 GFA 내에서 서로 다른 MFA간 MH가 이동한 경우

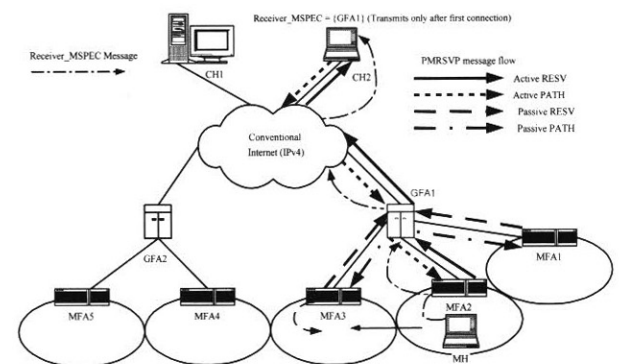
(그림 2)에서 MH가 FA1에서 FA2로 이동하였다면 GFA는 동일하지만 MFA는 서로 다르다. 즉 FA1과 FA2의 동일한 부모는 GFA1이 된다. 이 경우는 MH의 위치 정보를 MFA1을 거쳐 GFA1까지 보고된다. CH에서 전송하는 패킷은 GFA1에 도착하고, GFA1은 라우팅 테이블을 이용하여 MFA2로 패킷을 전달한다. MFA2는 FA2에 위치한 MH로 이 패킷을 전송한다.

3.1.4 다른 GFA로 MH가 이동한 경우

MH가 FA2에서 FA3으로 이동하였다면 MH가 이전에 위치하였던 FA와 이동한 FA의 동일한 부모가 존재하지 않는다. 그러나 MH가 이전 FA에서 사용하던 IP 주소를 이용하여 GFA2는 MH가 GFA1에 위치하였던 사실을 알 수 있다. 따라서 GFA2는 GFA1에게 MH가 GFA2 지역으로 이동한 사실을 통보한다. 이 사실을 통보 받은 GFA1은 MH의 위치 정보를 갱신한다. CH로부터 전송된 패킷은 GFA1에 도착을 하고, 이 패킷은 GFA2로 전달된다. GFA2에 도착한 패킷은 MFA3를 거쳐 FA4로 전송된다.

수정된 지역 위치등록[6]은 MH의 위치를 홈망의 GFA까지만 위치등록을 하지만, mobile ip 지역 위치등록[20]은 홈망의 HA까지 위치등록을 해야 한다.

3.2 GFA 내에서 MH가 핸드오프한 경우의 효율적인 자원 관리



(그림 3) GFA 내에서 MH의 핸드오프(intradomain)

(그림 3)과 같이 MH가 MFA2에서 위치 등록을 하게 되

면, MH는 MFA2 내의 MA와 MFA2, GFA1을 통해 CH2에 접속을 요청한다. CH2는 Active PATH 메시지를 GFA1과 MFA2를 통해 MH에 전송한다. 이를 수신한 MH는 Active RESV 메시지를 MFA2를 통해 GFA1에게 전송한다. GFA1은 CH2에게 Receiver\_MSPEC = {GFA1}을 Active RESV 메시지에 포함시켜서 전송한다. GFA1은 MH가 위치한 지역을 중심으로 주변 지역에 Passive PATH 메시지를 전송하고, 주변 지역의 MA들은 GFA1에게 Passive RESV 메시지로 응답한다.

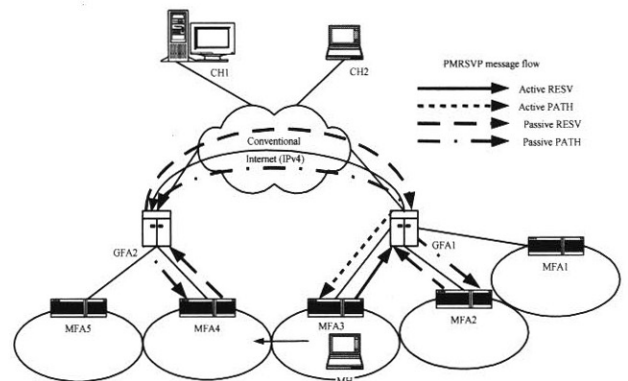
3.2.1 동일한 MFA 내에서 서로 다른 FA간 이동한 경우  
 MH가 MFA2에서 처음으로 위치 등록을 하였기 때문에 MFA2 내의 MA가 HA가 된다. MH가 MFA2 내에서 다른 지역으로 이동을 하게 되면 MRSVP는 MH의 이동 사실을 이동한 지역의 FA와 MFA2, 그리고 GFA1을 거쳐 CH2로 알린다. CH2는 MH가 속한 지역을 중심으로 주변 지역의 자원을 예약하는 과정을 거친다. HMRSVP는 MH의 이동 사실을 GFA1까지만 보고하고, CH2로 보고하지 않는다. 따라서 GFA1이 MH의 주변 지역으로 PATH 메시지를 전송하고, MH의 주변 지역은 CH2가 아닌 GFA1으로 RESV 메시지를 전송한다. 그러나 PMRSVP는 GFA1에게 보고하는 정보는 없기 때문에 변경된 MH의 위치 정보는 MFA2만 알고 있다[6]. MFA2의 라우팅 테이블에는 MH가 HA에서 할당 받은 주소와 FA(MH가 이동한 지역의 MA)에서 할당 받은 주소를 바인딩시킨다. HA와 MH가 이동한 지역의 FA간에 Active와 Passive 관계가 스위칭되고, CH2에서 전송되는 자원 예약 메시지는 GFA1을 통해 MFA2 내의 라우팅 테이블을 이용하여 HA를 거치지 않고, MH가 위치한 FA로 직접 전달된다.

3.2.2 동일한 GFA 내에서 서로 다른 MFA간 이동한 경우  
 (그림 3)과 같이 MH가 MFA2에서 MFA3로 이동하게 되면, PMRSVP는 MH의 위치 정보를 GFA1까지만 보고하고, CH2로 MH의 이동 사실을 보고하지 않는다. GFA1은 MH가 MFA3의 FA에서 할당 받은 주소와 MFA2의 FA에서 할당 받은 주소를 바인딩시킨다. MH의 MFA간 이동 사실을 보고 받은 GFA1은 이 사실을 CH2에게 통보하지 않고, MFA2와 MFA3 사이의 Active와 Passive 관계를 스위칭한다. 또한 CH2로부터 전송되는 패킷은 MH의 바인딩 정보가 저장된 GFA1의 라우팅 테이블을 이용하여 MFA3의 MH가 존재하는 FA로 전달된다. MRSVP와 HMRSVP는 3.2.1과 동일하게 동작한다.

3.3 MH가 GFA간 핸드오프한 경우의 효율적인 자원 관리  
 (그림 4)와 같이 MH가 MFA2에서 최초로 위치 등록 후 MFA3를 경유하여 MFA4로 이동을 한 경우, MRSVP는 3.2.1

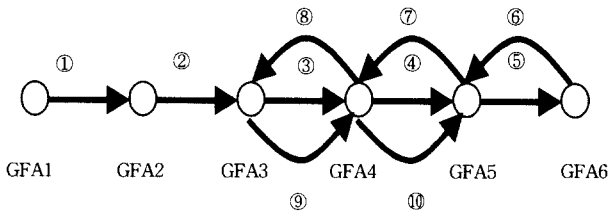
과 동일하게 동작한다. HMRSVP에서는 Receiver\_MSPEC 메시지의 목록에 GFA1과 GFA2를 추가하여 CH2에 전송하고, CH2는 PATH 메시지를 GFA1과 GFA2에게 모두 전송한다. GFA1과 GFA2는 RESV 메시지로 응답한다. 그러나 PMRSVP는 MH가 GFA2로 이동하더라도 Receiver\_MSPEC 메시지를 생성하지 않고, GFA1이 CH2의 프록시 역할을 한다. 즉, PATH와 RESV 메시지 생성과 처리를 CH2 대신 GFA1이 대행한다. GFA2는 MH가 자신의 영역으로 이동한 사실을 새롭게 할당 받은 MH의 주소와 함께 GFA1에게 알린다. 이 정보를 전달 받은 GFA1은 자신의 라우팅 테이블에 MH의 위치 정보를 갱신하고, GFA2에 ACK 메시지를 전송한다. (그림 4)에서 GFA1과 GFA2 사이의 Passive PATH와 Passive RESV 메시지는 MH가 MFA2에서 GFA2에 인접한 MFA3 지역으로 이동시 GFA1이 MH가 GFA2로의 이동에 대비하여 GFA2에게 Passive PATH 메시지를 전달하고, GFA2는 GFA1에게 Passive RESV 메시지로 응답을 한다. GFA1과 GFA2 사이의 경로는 MH가 GFA2로 이동한 후 Active 상태로 스위칭되고, GFA2와 MFA4 사이의 경로도 Active 상태로 스위칭된다. 그리고 GFA1과 MFA3 사이의 경로는 Passive 상태로 스위칭된다.

[9]에 의하면 MH는 이웃하는 지역을 경유하지 않고 다른 지역으로 이동을 할 수 없으므로 CH2에서 GFA2까지의 거리는 GFA1에서 GFA2까지의 거리보다 최소한 같거나 멀다. 따라서 PMRSVP는 HMRSVP와 달리 Receiver\_MSPEC 메시지를 생성하지 않고, CH2에서 GFA1까지는 이미 자원이 확보된 상태이므로 CH2에서 GFA2까지 새로운 자원을 확보하는 것보다는 GFA1에서 GFA2 사이의 경로에서 자원을 확보하는 것이 유리하다.



(그림 4) GFA간 MH의 핸드오프(interdomain)

여기서, MH가 (그림 5)와 같이 GFA1에서 최종적으로 GFA5까지 이동을 한다면 경로 확장에 따른 루핑 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 방지하기 위한 방법은 다음과 같다.



(그림 5) MH의 경로 확장에 따른 루핑 문제

MH는 새로운 지역((그림 5)에서 GFA5)으로 이동한 후 광고 메시지를 토대로 CoA를 획득한다. 그 후 HA로 위치등록을 한다. MH의 위치등록 메시지를 수신한 GFA5는 MH의 위치등록 메시지에 있는 홈 주소를 보고 MH가 최초로 위치했던 지역의 GFA 주소를 알 수 있다. 이 정보를 바탕으로 GFA5는 GFA1과 자원 예약을 통한 경로 협상을 시작한다. GFA1과 GFA5가 협상에 성공한다면, 자원 예약 경로는 GFA1에서 GFA5로 직접 설정되기 때문에 (그림 5)에서 보여지는 무한 경로 확장에 따른 루핑 문제는 해결된다.

#### 4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 방법의 성능 평가는 MRSVP, HMRSVP 그리고 PMRSVP를 비교한다. 평가는 세 가지 방법에 대해 각각 MH에 대한 자원 예약 비용을 계산한다.

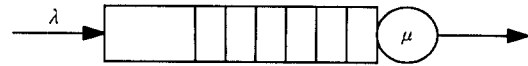
본 논문에서 제안하는 모델의 성능 평가를 위해 [10,11]에서 사용한 평가 요소를 일부 수정하여 이용한다. 또한 MRSVP, HMRSVP 그리고 PMRSVP 방법에서는 각 FA, MFA, 그리고 GFA에서의 버퍼 관리는 [10]의 TAIL 방법을 이용한다. 성능 평가를 위해 MA는 하나의 영역을 이루고, 각 영역의 반경은 동일하다. 또한, MH가 위치한 지역을 중심으로 주변 지역은 6개가 존재한다고 가정한다. MRSVP, HMRSVP 그리고 PMRSVP 방법의 망 구조는 (그림 1)과 같다고 가정한다.

<표 1> 성능 평가 요소[10,11]

기 호	정 의	값
BW <sub>wl</sub>	무선 링크 대역폭	(그림 1)
BW <sub>w</sub>	유선망 대역폭	(그림 1)
L <sub>wl</sub>	무선 링크 지연	7ms
L <sub>w</sub>	유선 링크 지연	0.5ms
S <sub>reserv</sub>	자원 예약 패킷(PATH, RESV) 크기	50bytes
T <sub>acq</sub>	MH가 무선 채널을 획득하는데 소요하는 시간	20ms
T <sub>prot</sub>	자원 예약 패킷(PATH, RESV) 또는 등록 패킷을 프로토콜이 처리하는 시간	3ms
T <sub>reserv</sub>	현재 MA로부터 자원 예약 패킷(PATH, RESV)을 생성하는 시간	5ms
T <sub>int</sub>	인터넷에서 홉간 패킷 전달 시간	30ms

#### 4.1 전송 지연

본 논문에서 제안하는 방법의 성능 평가를 위해 MRSVP, HMRSVP 그리고 PMRSVP의 버퍼 관리 기법은 [10]에서 사용한 기법 중 TAIL 기법을 이용한다. TAIL 기법을 이용하면 버퍼에 패킷을 수용할 확률을 정의하는 함수 ( $n$ )은 1이다. 여기서  $n$ 은  $0 \leq n \leq B-1$ 이다. 전송 지연을 구하기 위해 버퍼는 FIFO(First-In-First-Out)로 가정한다. FIFO에 대한 큐잉 모델은 다음과 같이 표현할 수 있다.



(그림 6) FIFO 큐

여기서, 성능 평가를 위해 사용하는 기호의 정의 및 가정은 다음과 같다.

- $\lambda$  : 패킷들의 도착을 기반으로 하는 포아송 프로세스의 평균 도착 간격 속도 비율
- $\mu$  : 버퍼에서 임의의 서비스를 받고 지수 분포 속도로 출력되는 패킷의 속도
- $B$  : 각 홉에서의 버퍼 크기

시스템에 제공되는 트래픽 밀도( $\rho$ )는 다음과 같다.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

버퍼에 패킷이 도착하는 시간 간격과 패킷이 서비스를 받는 시간은 모든 패킷이 동일하다고 가정한다. 또한 버퍼에 있는 패킷은 마코프 체인 중 발생 및 소멸 과정을 따른다. 즉, 패킷은 상태  $n$ 에서  $\lambda\alpha(n)$ 의 속도로 발생되고,  $\mu(n \neq 0)$ 의 속도로 소멸된다[10]. 따라서 버퍼 내용의 정상 분포(Stationary Distribution)는 다음처럼 계산된다[12].

$$\pi(n) = \pi(0)\rho^n \prod_{i=0}^{n-1} \alpha(i)$$

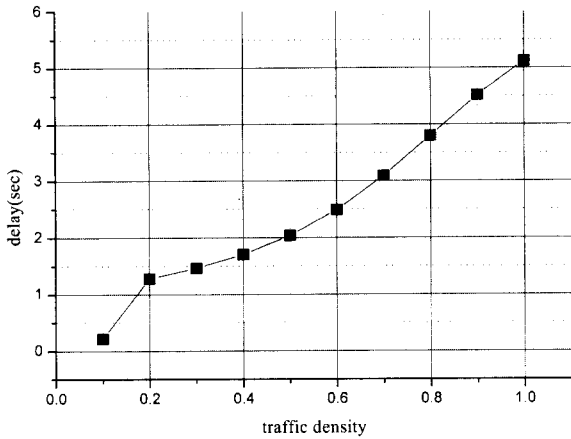
여기서,

$$\pi(0) = \left[ \sum_{n=0}^B \rho^n \prod_{i=0}^{n-1} \alpha(i) \right]^{-1}$$

각 홉의 큐에  $n$ 개의 패킷이 있다면, 각 홉의 큐에서 기대되는 지연 시간은 다음과 같이 계산된다.

$$D = \frac{1}{\mu} \sum_{n=0}^B (1+n)\pi(n)\alpha(n) \quad (1)$$

본 논문에서 버퍼 관리 기법은 TAIL 기법을 이용하기 때문에, 식 (1)에서  $\alpha(n)$ 은 1이다. 여기서,  $n$ 은  $0 \leq n \leq B-1$ 이다. 버퍼의 크기가 10일 때  $\rho$ 값에 따른 각 홉에서의 패킷 지연은 (그림 6)과 같다.



(그림 7) 각 홉에서  $\rho$ 에 따른 패킷 지연( $B = 10$ )

#### 4.2 자원 예약 비용

자원 예약에 소요되는 총 시간은 MH가 타 지역으로 이동 후 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, MH 내부의 자원 예약 메시지 처리 시간을 포함한 무선 구간과 MA를 포함한 상위 계층의 유선 구간에서 소요되는 시간을 합한 것이다.

무선 구간은 MH가 무선 채널을 획득하는 시간( $T_{acq}$ ), 무선에서의 자원 예약 패킷의 전송 시간( $S_{reg}/B_{wl}$ ), 그리고 무선 링크의 지연( $L_w$ )과 같은 요소로 이루어진다.

무선 채널을 이용하여 MH가 자원 예약 패킷(PATH 혹은 RESV 메시지)을 생성하기 위한 비용

$$T_{WssGen} = T_{acq} + (S_{reserv}/B_{Wl}) + L_w + T_{reserv} \quad (2)$$

유선 구간은 유선에서의 자원 예약 패킷의 전송 시간( $S_{reg}/B_w$ ), 그리고 유선 링크의 지연( $L_w$ ), 인터넷 망내의 노드간의 홉 수와 노드가 자원 예약 패킷(PATH, RESV) 또는 위치 등록 패킷을 처리하는데 소요하는 시간등과 같은 요소로 이루어진다.

유선으로 예약 패킷(PATH 혹은 RESV 메시지)을 처리하는 비용

$$T_{WedReserv} = ((S_{reserv}/B_{Ww}) + L_w) \times \text{홉수} + T_{prot} \quad (3)$$

망 환경이 (그림 1)과 같고 MH가 핸드오프하였을 때 발생하는 자원 예약 비용은 식 (2)와 식 (3)을 이용하여 식 (4)~식 (11)과 같이 유도한다. 단, 인터넷 망내에서 발생하는 홉간 패킷 전달 지연과 분할된 RSVP 세션들을 유지하기 위한 비용은 각 에이전트내부에서 발생하는 비용이므로 성능 평가 요소에서는 제외한다. CH2에서 인터넷 망을 거쳐 GFA1까지의 hop 수와 CH2에서 GFA2까지의 hop 수는 동일하다고 가정한다.

hop 수를 고려한 이유는 3절에서 언급한 바대로 CH2에서 GFA1까지는 이미 자원이 확보된 상태이므로 CH2에서

GFA2까지 새로운 자원을 확보하기 위해 여러 홉의 중간 노드(라우터)를 거쳐 메시지들이 전송되는 것보다는 GFA1에서 GFA2까지의 경로에서 자원을 확보하는 것이 유리하다는 것을 보이기 위함이다.

MRSVP는 MH가 HA에서 FA1 지역으로(또는 FA1에서 FA2로) 이동 후 HA로 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, MH가 CH2에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, CH2가 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역을 제외한 나머지 5개의 지역에 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, 5개 지역의 FA가 CH2로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다. 여기서  $k$ 는 인터넷 망내의 노드간의 홉의 수이다.

$$\begin{aligned} Cost_{MRSVP}^{RESERV} \text{ intra GFA} &= T_{WedReserv}(Reg(\{FA1, FA2\}toHA)) \\ &+ T_{WedReserv}(Ack(HAto\{FA1, FA2\})) \\ &+ (T_{WssGen}(\{FA1, FA2\})) \\ &+ T_{WedReserv}(\{FA1, FA2\}to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\ &+ T_{WedReserv}(\{MFA2, MFA3\}toGFA1) \times D + k \times T_{Int} \\ &+ (T_{WedReserv}(\{HA, FA1\}toMFA2) \times D \\ &+ T_{WedReserv}(MFA2toGFA1) \times D + k \times T_{Int}) \times 2 \\ &+ (T_{WedReserv}(\{FA1, FA2\}to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\ &+ T_{WedReserv}(\{MFA2, MFA3\}toGFA1) \times D \\ &+ k \times T_{Int}) \times 3 \\ &+ (T_{WedReserv}(GFA1toMFA2) \times D \\ &+ T_{WedReserv}(MFA2to\{HA, FA1\}) \times D + k \times T_{Int}) \times 2 \\ &+ (T_{WedReserv}(GFA1to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\ &+ T_{WedReserv}(\{MFA2, MFA3\}to\{FA1, FA2\}) \times D \\ &+ k \times T_{Int}) \times 3 \\ &+ (T_{WedReserv}(\{FA1, FA2\}to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\ &+ T_{WedReserv}(MFA2to\{HA, FA1\}) \times D) \\ &+ (+ T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D \\ &+ T_{WedReserv}(GFA1toMFA2) \times D) \end{aligned} \quad (4)$$

**(Only use to MH moves from FA1 to FA2)**

HMRSVP는 MH가 HA에서 FA1으로 이동 후 GFA1에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, GFA1이 MH가 위치한 지역의 이웃 5곳으로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, 5개 지역의 MA가 GFA1으로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다. HMRSVP는 MH가 FA1에서 FA2 지역으로 이동 하는 경우는 GFA1을 경유하는 경로를 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 추가한다.

$$\begin{aligned} Cost_{HMRSVP}^{RESERV} \text{ intra GFA} &= T_{WedReserv}(Reg(\{FA1, FA2\}toHA)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ T_{WedReserv}(Ack(HAto(FA1, FA2))) \\
 &+ (T_{WssGen}(\{FA1, FA2\})) \\
 &+ T_{WedReserv}(\{FA1, FA2\}to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(\{MFA2, MFA3\}toGFA1) \times D \\
 &+ (T_{WedReserv}(\{HA, FA1\}toMFA2) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA2toGFA1) \times D) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(\{FA1, FA2\}to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(\{MFA2, MFA3\}toGFA1) \times D) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(GFA1toMFA2) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA2to\{HA, FA1\}) \times D) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(GFA1to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(\{MFA2, MFA3\}to\{FA1, FA2\}) \times D) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(\{FA1, FA2\}to\{MFA2, MFA3\}) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA2to\{HA, FA1\}) \times D) \\
 &\{+ T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(GFA1toMFA2) \times D\} \\
 &\text{(Only use to MH moves from FA1 to FA2)} \quad (5)
 \end{aligned}$$

PMRSVP는 MH가 MFA가 동일한 지역에서 이동하는 경우(HA에서 FA1으로 이동)와 동일하지 않은 지역에서 이동하는 경우(FA1에서 FA2로 이동)에 대해 각각 비용이 다르다. PMRSVP에서 MH가 서로 다른 MFA 지역으로 이동하는 경우의 비용은 HMRSVP와 동일하다.

PMRSVP(HA에서 FA1으로 이동)는 MH가 FA1 지역으로 이동 후 MFA2로 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, MFA에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, MFA가 MH가 위치한 주변 지역 5곳으로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, 5개 지역의 FA가 MFA로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다.

$$\begin{aligned}
 Cost_{PMRSVP}^{RESERV} \text{ intraGFA}(HAtoFA1) &= (T_{WedReserv}(Reg(FA1toMFA2)) \\
 &+ T_{WedReserv}(Ack(MFA2toFA1))) \\
 &+ (T_{WssGen}(FA1) + T_{WedReserv}(FA1toMFA2) \times D) \\
 &+ (T_{WedReserv}(HAtoMFA2) \times D) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA1toMFA2) \times D) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(MFA2toHA) \times D) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(MFA2toFA1) \times D) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA1toMFA2) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA2toHA) \times D) \quad (6)
 \end{aligned}$$

PMRSVP(FA1에서 FA2로 이동)는 MH가 FA1에서 FA2 지역으로 이동 후 MFA3로 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, GFA1을 경유하여 MFA2와 MFA3에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, MFA2와 MFA3가 MH가 위치한 주변 지역 5곳으로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, 5개 지역의 FA가 MFA2와 MFA3로 각각

Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다.

$$\begin{aligned}
 Cost_{PMRSVP}^{RESERV} \text{ intraGFA}(HA1toFA2) &= (T_{WedReserv}(Reg(FA2toGFA1)) \\
 &+ T_{WedReserv}(Ack(GFA1toFA2))) \\
 &+ (T_{WssGen}(FA2) + T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA1toMFA2) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA2toGFA1) \times D) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(GFA1toMFA2) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA2toFA1) \times D) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(GFA1toMFA3) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA3toFA2) \times D) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \\
 &+ (T_{WedReserv}(GFA1toMFA2) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA2toFA1) \times D) \quad (7)
 \end{aligned}$$

(그림 5)와 같이 MH가 GFA1에서 GFA2로 핸드오버한 경우의 자원 예약 비용은 다음과 같이 계산한다.

MRSVP는 MH가 FA3 지역으로 이동 후 HA로 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, MH가 CH2에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, CH2가 MH를 중심으로 주변 지역의 MA로 메시지를 전송하기 위해 GFA1과 GFA2가 MH를 중심으로 주변 지역의 MA로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, MH를 중심으로 주변 지역의 MA들이 GFA1과 GFA2를 통해 CH2로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다.

$$\begin{aligned}
 Cost_{MRSVP}^{RESERV} \text{ interGFA} &= (T_{WedReserv}(Reg(FA3toHA)) \\
 &+ T_{WedReserv}(Ack(HAtoFA3))) + (T_{WssGen}(FA3) \\
 &+ T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D + k \times T_{Int}) \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D + k \times T_{Int}) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D + k \times T_{Int}) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(GFA1toMFA3) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA3toFA2) \times D + k \times T_{Int}) \times 2 \\
 &+ (T_{WedReserv}(GFA2toMFA4) \times D \\
 &+ T_{WedReserv}(MFA4toFA3) \times D + k \times T_{Int}) \times 3 \\
 &+ (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D \\
& + (T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D \\
& + T_{WedReserv}(GFA2toGFA1) \times D) \quad (8)
\end{aligned}$$

HMRSVP는 MH의 주변 지역이 GFA1과 GFA2에 나누어져 있다면, Receiver\_MSPEC에 GFA1과 GFA2를 추가해서 보내고(HMRSVP<sub>dgfa</sub>), MH의 주변 지역이 GFA2에만 있다면 GFA2만 추가해서 보낸다(HMRSVP<sub>sgfa</sub>).

첫 번째의 경우 MRSVP와 HMRSVP는 MH가 FA3 지역으로 이동 후 HA로 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, MH가 CH2에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, CH2가 GFA1과 GFA2에 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, GFA1과 GFA2가 CH2에게 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, GFA1과 GFA2가 MH를 중심으로 주변 지역의 MA로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, MH를 중심으로 주변 지역의 MA들이 GFA1과 GFA2로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다.

$$\begin{aligned}
& Cost_{HMRSVPdgfa}^{RESERV} \text{ interGFA} \\
& = (T_{WedReserv}(Reg(FA3toHA)) \\
& + T_{WedReserv}(Ack(HAtoFA3))) \\
& + (T_{WssGen}(FA3) + T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D + k T_{Int}) \\
& + (k T_{Int} 4) + (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \times 2 \\
& + (T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D) \times 3 \\
& + (T_{WedReserv}(GFA1toMFA3) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA3toFA2) \times D) \times 2 \\
& + (T_{WedReserv}(GFA2toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toFA3) \times D) \times 3 \\
& + (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \\
& + (T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D \\
& + T_{WedReserv}(GFA2toGFA1) \times D) \quad (9)
\end{aligned}$$

두 번째의 경우 MRSVP와 HMRSVP는 MH가 FA3로 이동 후 HA로 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, MH가 CH2에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, CH2가 GFA2에 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, GFA2가 CH2에게 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, GFA2가 MH를 중심으로 주변 지역의 MA로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, MH를 중심으로 주변 지역의 MA들이 GFA2로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비

용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다.

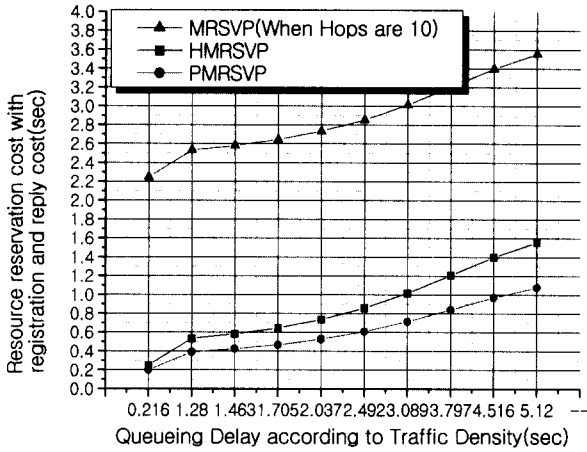
$$\begin{aligned}
& Cost_{HMRSVPsgfa}^{RESERV} \text{ interGFA} \\
& = (T_{WedReserv}(Reg(FA3toHA)) \\
& + T_{WedReserv}(Ack(HAtoFA3))) + (T_{WssGen}(FA3) \\
& + T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D + k T_{Int}) \\
& + (k \times T_{Int} 2)(T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D) \times 5 \\
& + (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \\
& + (T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D \\
& + T_{WedReserv}(GFA2toGFA1) \times D) \quad (10)
\end{aligned}$$

PMRSVP는 MH가 FA3로 이동 후 MFA4, GFA1 및 GFA2로 위치등록 및 ACK 메시지를 송수신하는 비용, MH가 GFA1에게 Receiver\_MSPEC 메시지를 전송하는 비용, GFA1이 GFA2로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, GFA1과 GFA2가 MH를 중심으로 주변 지역의 MA로 Passive PATH 메시지를 전송하는 비용, GFA2내의 MA들이 GFA2로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, GFA1내의 MA들이 GFA1으로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, GFA2가 GFA1으로 Passive RESV 메시지를 전송하는 비용, 그리고 이동하기 전에 위치했던 지역과 이동한 후의 지역간 Active와 Passive 관계를 스위칭하는 비용을 합한다. 여기서  $h$ 는 GFA1과 GFA2간의 홉수이다.

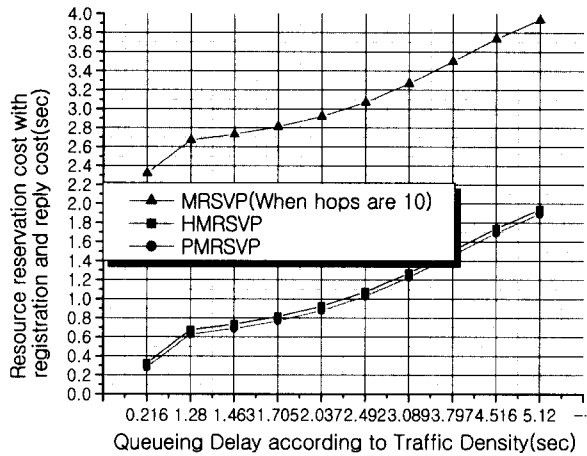
$$\begin{aligned}
& Cost_{PMRSVP}^{RESERV} \text{ interGFA} \\
& = (T_{WedReserv}(Reg(FA3toGFA2)) \\
& + T_{WedReserv}(Ack(GFA2toFA3))) \\
& + (T_{WssGen}(FA3) + T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D) \\
& + (T_{WedReserv}(GFA2toGFA1) \times 2h) \\
& + (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \times 2 \\
& + (T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D) \times 3 \\
& + (T_{WedReserv}(GFA1toMFA3) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA3toFA2) \times D) \times 2 \\
& + (T_{WedReserv}(GFA2toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toFA3) \times D) \times 3 \\
& + (T_{WedReserv}(FA2toMFA3) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA3toGFA1) \times D) \\
& + (T_{WedReserv}(FA3toMFA4) \times D \\
& + T_{WedReserv}(MFA4toGFA2) \times D \\
& + T_{WedReserv}(GFA2toGFA1) \times D) \quad (11)
\end{aligned}$$



4.3 결과 분석



(그림 8)(a) MH가 HA에서 FA1으로 이동한 경우

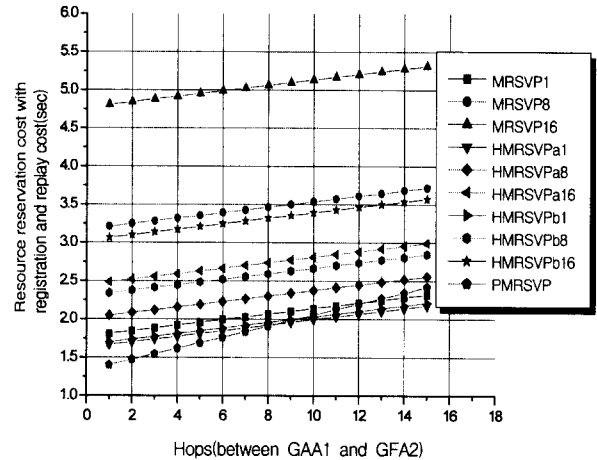


(그림 8)(b) MH가 FA1에서 FA2로 이동한 경우

(그림 8)(a)는 (그림 1)에서 MH가 HA에서 FA1으로 이동한 경우이다. CH2에서 MH가 이동한 지역의 GFA까지의 hop 수가 10일 때 MRSVP와 HMRSVP, 그리고 PMRSVP를 비교한 것이다. MH가 핸드오프함에 따라 MRSVP는 MH를 중심으로 주변 지역의 자원을 예약하기 위해 Receiver\_MSPEC 메시지를 CH2로 보고한다. MRSVP는 CH2로부터 MH가 속한 지역의 GFA까지 자원 예약을 위한 새로운 경로를 예약하기 위해 인터넷 망을 거쳐 메시지를 전송하기 때문에 hop 수를 고려한다. 그러나 HMRSVP는 Receiver\_MSPEC 메시지를 GFA1까지 PMRSVP는 MFA2까지만 보고한다. 따라서 HMRSVP는 MRSVP와 마찬가지로 FA1 지역에 있는 MH는 HA로 위치등록을 하고 GFA1이 MH 주변 지역의 자원을 예약한다. 그러나 PMRSVP는 MH의 위치등록은 MFA2까지만 보고하고, MH 주변 지역의 자원 예약은 MFA2가 하기 때문에 자원 예약 비용이 앞의 두 방법에 비해서 낮다.

(그림 8)(b)는 MH가 FA1에서 FA2로 이동할 때 HMRS

VP와 PMRSVP는 동일한 방법으로 동작된다. MRSVP는 (그림 8)(a)와 동일한 결과를 보인다. 그러나, HMRSVP는 MH의 위치등록을 HA에게 하지만 PMRSVP는 MH의 위치등록을 GFA1까지만 하기 때문에 두 방법이 동일하게 동작하지만 전체적인 자원 예약 비용은 PMRSVP가 낮다.

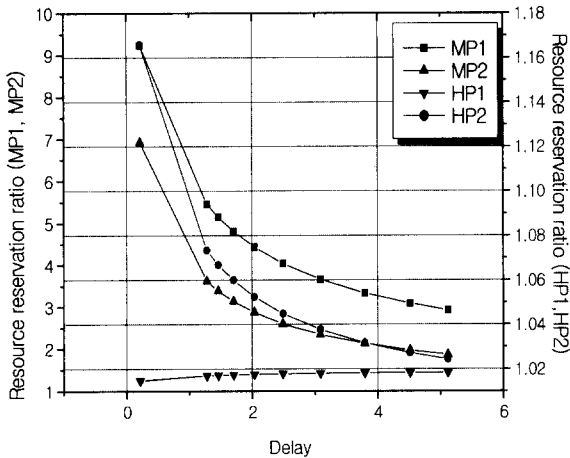


(그림 8)(c) MH가 FA2에서 FA3로 이동한 경우(interdomain)

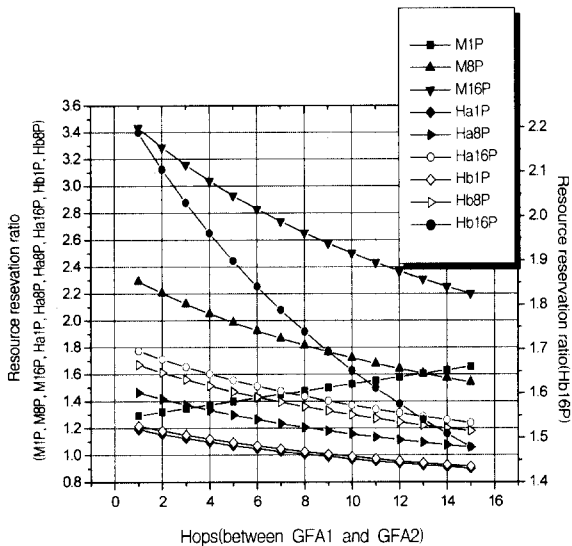
(그림 8)(c)는  $D = 2.492$ 일 때, MH가 FA2에서 FA3로 이동하는 경우이다. GFA1에서 GFA2까지의 hop 수가 1부터 15까지 증가하고, CH2에서 MH가 속한 GFA2까지의 hop 수가 각각 MRSVP1은 1 hop, MRSVP8은 8 hop, MRSVP16은 16 hop인 경우이다. 또한 HMRSVP에서 HMRSVPa1은 자원을 예약하고자 하는 MA가 동일한 GFA에 위치하는 경우이고, CH2에서 MH가 속한 GFA2까지의 hop 수가 1인 경우이다. HMRSVPa8과 HMRSVPa16은 각각 hop의 수가 8과 16 hop이다. HMRSVPb1은 자원을 예약하고자 하는 지역이 GFA1과 GFA2에 나누어 위치하고, CH2에서 MH가 속한 GFA2까지의 hop 수가 1인 경우이다. HMRSVPb8과 HMRSVPb16은 각각 hop의 수가 8과 16 hop이다. MRSVP1에서는 GFA1에서 GFA2까지의 hop 수가 14부터 자원 예약 비용이 PMRSVP보다 낮아진다. (그림 1)과 같이 하나의 GFA가 하나의 도메인을 관리한다고 가정하면 MH가 14번의 서로 다른 도메인을 거쳐서 이동한 경우이다. HMRSVPa1과 HMRSVPb1은 각각 9 hop과 10 hop부터 PMRSVP보다 비용이 낮아진다. 나머지 6가지 경우 모두 PMRSVP의 자원 예약 비용이 낮다.

<표 2> (그림 8)(d)에서의 시뮬레이션 결과

Delay	0.216	1.28	1.463	1.705	2.037	2.492	3.089	3.797	4.516	5.12
MP1	9.24	5.45	5.15	4.81	4.43	4.04	3.66	3.33	3.09	2.93
HP1	1.25	1.37	1.37	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45
MP2	6.92	3.62	3.39	3.14	2.87	2.60	2.34	2.13	1.97	1.87
HP2	1.17	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.04	1.03	1.03	1.02



(그림 8)(d) 도메인 내 환경에서 자원 예약 소요비



(그림 8)(e) 도메인 내 환경에서 자원 예약 소요비

(그림 8)(d)는 동일한 GFA 내에서 MH가 동일한 MFA 내에서 이동하는 경우와 서로 다른 MFA간 이동하는 경우에 대해서 PMRSVP를 1로 했을 때 각 방법의 자원 예약에 대한 소요 비를 나타낸 것이다. 여기서 MP1은 MH가 HA에서 FA1로 이동한 경우이고, MP2는 MH가 FA1에서 FA2

로 이동한 경우를 PMRSVP를 기준으로 MRSVP와의 자원 예약에 대한 소요 비를 나타낸 것이다. HP1과 HP2도 MH가 각각 HA에서 FA1로, FA1에서 FA2로 이동한 경우를 PMRSVP를 기준으로 HRSVP와의 자원 예약에 대한 소요 비를 나타낸 것이다. <표 2>에 따르면 각 노드의 delay 값이 커질수록 HP1을 제외하고 자원 예약 비가 작아진다. 이유는 (그림 1)에서 MFA2와 FA1간의 전송 속도가 HA에서 GFA1까지의 속도보다 10배 느리게 가정했기 때문이다.

(그림 8)(e)는 (그림 8)(c)에 대해 PMRSVP를 기준으로 했을 때 두 방법의 자원 예약 비율을 나타낸 것이다. <표 3>과 같이 MRSVP는 PMRSVP에 비해 세 가지 경우 모두 자원 예약 비용이 높다. 그러나 HMRSVP는 Ha1P에서 GFA1과 GFA2간의 Hop 수가 9 이상인 경우와 Hb1P에서 Hop 수가 10이상인 경우에 대해서는 PMRSVP 보다 자원 예약 비용이 낮다.

### 5. 결론

향후 수년 내에 무선 인터넷의 사용자와 유선 인터넷 사용자와의 비율이 대등하게 될 것이다. 그러나 사용자의 다양한 요구를 고려하지 않은 Best Effort 서비스는 무선 이동망에서 멀티미디어 트래픽에 대한 QoS를 보장할 수 없다.

본 논문에서는 MRSVP의 방법의 문제점으로 지적된 과도한 메시지 발생 문제를 해결하였고, MH가 핸드오프시 수정된 지역 위치등록 방법을 이용하여 MH는 HA로 위치등록을 하지 않고, MH가 이동하기 전의 MA와 현재의 MA간 가장 가까운 공통된 부모 노드까지 위치등록을 하도록 하였다. (그림 1)과 같은 환경에서 실험한 결과 GFA 내에서는 PMRSVP가 MRSVP와 HMRSVP에 비해서 자원 예약 비용이 낮다는 것을 보였고, GFA간에서는 Ha1P에서 Hop 수가 9이상인 경우와 Hb1P에서 Hop 수가 10이상인 경우를 제외하고는 PMRSVP가 HMRSVP 보다 신호 메시지 발생 양과 자원 예약 비용이 낮다. 따라서 CH와 MH가 같은 지역에 위치한 상태에서 서비스를 시작하여 MH가 9번 이상의 도메인간 핸드오프를 하는 특수한 경우를 제외하고는 PMRSVP가 HMRSVP에 비해서 신호 메시지 발생 양과 자원

<표 3> (그림 8)(e)에서의 시뮬레이션 결과

Hops	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
M1P	1.29	1.32	1.35	1.37	1.40	1.42	1.45	1.48	1.50	1.53	1.55	1.58	1.61	1.63	1.66
M8P	2.29	2.20	2.12	2.05	1.99	1.93	1.87	1.82	1.77	1.72	1.68	1.64	1.61	1.57	1.54
M16P	3.43	3.29	3.26	3.04	2.93	2.83	2.74	2.65	2.57	2.50	2.43	2.37	2.31	2.25	2.20
Ha1P	1.19	1.16	1.13	1.10	1.07	1.05	1.03	1.01	<b>0.99</b>	<b>0.97</b>	<b>0.96</b>	<b>0.94</b>	<b>0.93</b>	<b>0.91</b>	<b>0.90</b>
Ha8P	1.46	1.42	1.37	1.33	1.30	1.27	1.23	1.21	1.18	1.16	1.13	1.11	1.09	1.08	1.06
Ha16P	1.77	1.71	1.65	1.60	1.56	1.51	1.47	1.44	1.40	1.37	1.34	1.31	1.29	1.26	1.24
Hb1P	1.22	1.18	1.15	1.12	1.09	1.07	1.05	1.03	1.01	<b>0.99</b>	<b>0.97</b>	<b>0.96</b>	<b>0.94</b>	<b>0.93</b>	<b>0.92</b>
Hb8P	1.67	1.61	1.56	1.51	1.47	1.43	1.39	1.36	1.33	1.30	1.27	1.25	1.22	1.20	1.18
Hb16P	2.19	2.11	2.03	1.96	1.90	1.84	1.79	1.74	1.69	1.65	1.61	1.58	1.54	1.51	1.48

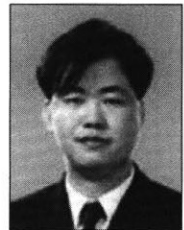
예약 비용이 낮다.

향후 연구과제로는 MH가 다른 지역으로 이동시 이전에 자원을 예약한 지역에 다시 자원 예약 메시지를 전달하지 않는 방법의 연구가 필요하다. [13, 14]와 같은 방법을 적용하여 MH의 이동 성향 및 환경 변화를 파악할 수 있다면, MH의 주변 지역 모두에 자원 예약을 요청하는 것이 아니고 MH의 진행 방향에 따라 해당 지역만 자원을 예약할 수 있는 연구가 필요하다.

**참 고 문 헌**

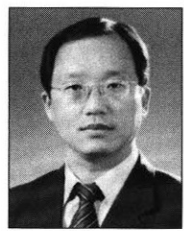
[1] Zang et. al., "RSVP : A New Resource ReSerVation Protocol," IEEE Network Magazine, Sep., 1993.  
 [2] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath and A. Acharya, "MRSVP : A Resource Reservation Protocol for an Integrated Services Network with Mobile Hosts," Technical Report DCS-TR-337, Rutgers Univ., 1997.  
 [3] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog and S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional Specification," IETF RFC 2205, Sep., 1997.  
 [4] J. Krawczyk, "Designing Tunnels for Interoperability with RSVP," Internet Draft draft-ietf-rsvp-tunnels-interop-00.txt, March, 1997.  
 [5] J. Krawczyk, J. Wroclawski, A. Terzis and L. Zhang, "RSVP Operation Over IP Tunnels," RFC 2746, Jan., 2000.  
 [6] 한승진, 최성용, 이정현, "이동 컴퓨팅 환경에서 수정된 지역 위치 등록을 이용한 고속 핸드오프 프로토콜 개선", 정보처리학회논문지C, Vol.9-C, No.2, April, 2002.  
 [7] C. C. Tseng, G. C Lee and R. S. Liu, "HMRSVP : A Hierarchical Mobile RSVP Protocol," Proceedings of the 21<sup>st</sup> IEEE ICDCS-21W2001, Phoenix Arizona, pp.467-472, April, 2001.  
 [8] W. T. Chen and L.C. Huang, "RSVP Mobility Support : A Single Protocol for Integrated Services Internet with Mobile Hosts," Proceedings of the INFOCOM 2000, Vol.3, No.3, March, 2000.  
 [9] 차영환, "이동 호스트를 이용한 선택적 Flooding 기법에 근거한 멀티캐스트 프로토콜", 한국통신학회논문지, Vol.22, No. 11c, Nov., 1997.  
 [10] M. May, J-C Bolot, A. Jean-Marie and C. Diot, "Simple Performance Models of Differentiated Services Schemes for the Internet," Proceedings of the IEEE INFOCOM '99, Vol. 3, pp.1385-1394, March, 1999.  
 [11] G. H. Cho and L.F. Marshall, "An Efficient Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environments," IEEE JSAC, Vol.13, No.5, June, 1995.  
 [12] L. Kleinrock, *Queueing Systems vol I*, John Wiley & Sons, 1975.  
 [13] 양순성, *페이지 이론을 이용한 비정형적 위치 영역 할당*, 인하대학교 전자계산공학과 박사학위 논문, Feb, 2000.  
 [14] A. K. Talukdar et. al., "On Accommodating Mobile Hosts in an Integrated Services Packet Network," in Proceedings

of IEEE INFOCOM '97, Vol.3, pp.1046-1053, 1997.  
 [15] S. Paskalis and A. Kaloxylos, "An Efficient QoS Scheme for Mobile Hosts," The 26<sup>th</sup> Annual IEEE Conference on Local Computer Networks(LCN), Nov., 2001.  
 [16] C. E. Perkins and D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," IETF, Internet Draft, draft-ietf-mobileip-optim-10.txt, Nov., 2000.  
 [17] Foo, C. C. and Chua, K. C., "Implementing resource reservation for mobile hosts in the Internet using RSVP and mobile IP," Proceedings of Vehicular Technology Conference, Vol.2, pp.1323-1327, 2000.  
 [18] Andreas Terzis, Mani B. Srivastava, and Lixia Zhang, "A Simple QoS Signaling Protocol for Mobile Hosts in the Integrated Services Internet," INFOCOM 99, Vol.3, pp.1011-1018, New York, NY, USA, 1999.  
 [19] I. Mahadevan and K. M. Sivalingam, "An Architecture for QoS guarantees and Routing in Wireless/Mobile Networks," ACM First Intl. Workshop on Wireless Mobile Multimedia (WOWMOM), (Dallas, TX), pp.11-20, Oct., 1998.  
 [20] E. Gustafsson, A. Jonson and C. E. Perkins, "Mobile IP Regional Registration," draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-07.txt, Oct., 2002.



**한 승 진**

e-mail : softman@inha.ac.kr  
 1985년~1990년 인하대학교 전자계산학과 (이학사)  
 1990년~1992년 인하대학교 일반대학원 전자계산공학과(공학석사)  
 1999년~2002년 인하대학교 일반대학원 전자계산공학과(공학박사)  
 1992년~1996년 대우통신 종합연구소 교환연구단  
 1996년~1998년 SK텔레콤 디지털 사업본부  
 2002년~현재 인하대학교 컴퓨터공학부 강의전담 조교수  
 관심분야 : Mobile IP, MANET, 멀티미디어통신, IMT-2000, 음성신호처리, 홈네트워킹, 네트워크보안



**박 양 재**

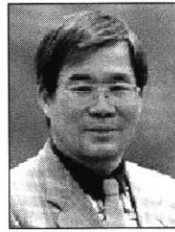
e-mail : yjpark@gcgc.ac.kr  
 1999년 인하대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)  
 1990년 인하대학교 산업대학원 정보공학과 (공학석사)  
 2003년 인하대학교 대학원 전자계산공학과 (공학박사)  
 1984년~1985년 주식회사 서통 전자사업부 기술개발과 근무  
 1985년~1993년 인하공업전문대학 전자과 조교  
 2001년~2002년 주식회사 이메디피아 원격의료연구소 연구소장  
 1993년~현재 가천길대학 전산정보처리과 부교수  
 관심분야 : 에드-혹 네트워크, 이동 컴퓨팅, 피어투피어 네트워킹, 음성신호처리



### 임기욱

e-mail : rim@omega.sunmoon.ac.kr  
 1977년 인하대학교 공과대학 전자공학과  
 졸업  
 1987년 한양대학교 전자계산학 석사  
 1994년 인하대학교 전자계산학 박사  
 1977년~1983년 한국전자기술연구소 선임  
 연구원

1983년~1988년 한국전자통신연구소 시스템소프트웨어 연구실장  
 1988년~1989년 미 캘리포니아주립대학(Irvine)방문 연구원  
 1989년~1997년 한국전자통신연구원 시스템연구부장  
 주전산기 III, IV 개발사업책임자  
 1997년~2000년 정보통신연구진흥원 정보기술 전문의원  
 2000년~현재 선문대학교 산업공학과 교수  
 관심분야 : 실시간 데이터베이스시스템, 운영체제, 컴퓨터구조



### 이정현

e-mail : jhlee@inha.ac.kr  
 1977년 인하대학교 전자공학과  
 1980년 인하대학교 대학원 전자공학과  
 (공학석사)  
 1988년 인하대학교 대학원 전자공학과  
 (공학박사)

1979년~1981년 한국전자기술연구소 시스템연구원  
 1984년~1989년 경기대학교 교수  
 1989년~현재 인하대학교 전자전기컴퓨터공학부 컴퓨터공학전공  
 교수  
 관심분야 : 자연어처리, HCI, 정보검색, 음성인식, 음성합성,  
 컴퓨터구조, 홈네트워킹