

# cdma2000 네트워크에서 실시간 데이터 트래픽을 수용하기 위한 Mobile IP 지역내 사전등록 기법

정회원 박민철\*, 임재성\*\*

## Mobile IP local pre-registration scheme for accommodating real-time data traffics in cdma2000 Networks

Min-Chul Park\*, Jae-Sung Lim\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 기존 Mobile IP 및 지역 등록 기법이 갖는 등록 지연시간 증가에 따른 패킷 손실의 문제점을 개선하여, 특히 지연시간과 패킷 손실에 민감한 실시간 데이터 서비스를 효율적으로 지원하기 위한 방법을 제안한다. 제안하는 Mobile IP 지역 내 사전 등록 기법은 이동 노드가 영역간을 이동하기 전에, 경계 셀의 핸드오프 존에서 링크 계층 정보인 ANID(Access Network Identifier)를 이용하여 미리 이동할 영역에 대한 사전 등록을 행함으로써, 영역을 이동한 후에 발생하는 등록 지연 시간을 줄였다. 비용 분석과 시뮬레이션을 통하여 제안하는 기법이 Mobile IP 및 지역 등록 기법에 비해 이동 노드의 속도, 홈 네트워크까지의 거리, 영역 내 이동비율 등의 요소에 따른 패킷 손실 측면에 있어 향상된 성능을 보임을 확인하였다.

키워드 : 이동성 관리, 모바일 아이피, 무선이동망

### ABSTRACT

In this paper, to solve some problems of the Mobile IP and local registration strategy we propose a method that can effectively support real-time traffics sensitive to delay time and packet loss. The proposed method reduces the registration time after a Mobile Node's movement between networks by carrying out the pre-registration for the domain which it will move into the network information of the link layer of cdma2000 system, at the boundary cell's handoff zone. Through the cost analysis and simulation it is shown that the proposed scheme yield a better performance compared with the Mobile IP and local registration strategies in terms of packet loss for parameters: variation of the velocity of a Mobile Node, and a distance between the Mobile Node and home networks, etc.

Keyword : Mobility management, Mobile IP, Wireless networks

\* 한도 하이테크 무선데이터 연구소 (mcpark@handoh.co.kr).

\*\*아주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과 (jaslim@ajou.ac.kr)

논문번호 :#020030-0123, 접수일자 : 2002년 1월 23일

## I. 서론

Mobile IP는 이동 노드가 인터넷상에서 임의의 위치에 접속하더라도 자신의 고유 주소로 전송되는 패킷을 수신할 수 있도록 IP 프로토콜을 확장한 것으로, 에이전트 발견 절차와 등록 절차로 구성된다. 에이전트 발견 절차는 이동 노드가 Foreign Agent (FA) 사이를 이동했을 때, 이동 노드의 현재 위치를 의미하는 COA(Care-Of-Address)를 얻는 과정으로 이루어진다. 그리고 Mobile IP 등록 절차는 에이전트 발견 절차에 의해서 얻어진 COA를 가지고 행해지며, 이동 노드가 자신의 위치를 Home Agent(HA)에게 알려서 이동 노드의 IP주소를 목적지로 하는 데이터그램이 이동 노드까지 바르게 전달될 수 있도록 한다[1,2].

하지만 마이크로 이동성(Micro Mobility) 측면에서 Mobile IP는 많은 문제점을 드러낸다. 첫째, 이동 노드가 이동할 때마다 HA에 등록을 한 후 통신을 재개하므로 통신 단절 시간이 길어질 수 있는데, 이는 패킷 손실을 유발하므로 특히 실시간이 요구되는 서비스의 QoS(Quality of Service)에 심각한 영향을 미치게 된다. 둘째, FA에서는 등록된 이동 노드에 대한 자원을 타이머에 의해서만 해제하므로 핸드오프가 자주 발생하는 경우에는 FA의 자원이 낭비될 수 있다. 셋째, 외부 호스트가 이동 노드로 보낸 데이터그램은 항상 HA를 거치게 되므로 라우팅 경로가 필요 없이 길어지게 된다. 따라서 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 개선된 Mobile IP 기법들이 제안되고 있다[3-9].

지역 등록(Local Registration) 기법은 Mobile IP 등록과정에서의 등록 시간 지연으로 인해 이동 노드의 핸드오프 시에 손실되는 패킷 양을 줄여보고자 등장한 개념이다. Mobile IP에서는 이동 노드가 동일 네트워크 상의 FA 사이를 이동하더라도 매번 HA로 등록을 해야만 하므로 등록 시간 지연이 길어져서 다량의 패킷 손실이 발생하게 된다. 하지만 지역 등록 기법은 하나의 네트워크 안에서 발생하는 이동 노드의 이동에 대해서는 게이트웨이가 HA를 대신해서 이동 노드의 위치를 관리해주므로 빠른 핸드오프 제어를 해줄 수 있어 패킷 손실을 줄일 수 있다. 이러한 지역 등록 기법은 마이크로 이동성을 지원하는데 좋은 성능을 보인다. 그러나 이동 노드에게 매크로 이동성(Macro Mobility)을 지원하기 위해서는 반드시 Mobile IP 기법과 동일하

게 HA와의 등록 과정을 거쳐야 하므로, 빠른 핸드오프를 지원하지 못하여 패킷 손실이 발생하게 된다[4-9].

제안하는 Mobile IP 지역내 사전등록 (Mobile IP Local Pre-Registration : MIPLPR) 기법은 Mobile IP와 Mobile IP Regional Registration (MIPRR) 기법에서 발생하는 문제점인 긴 등록시간 지연을 극복하기 위해, 이동 노드가 영역 간 이동을 하기 전 경계 셀의 핸드오프 존에서 cdma2000 시스템의 링크 계층 정보를 이용하여 미리 이동할 영역에 대한 사전 등록 과정을 수행하게 함으로써 패킷 손실을 줄이고자 한다. 사전 등록을 위해 이동 노드는 자신이 저장하고 있는 ANID (Access Network Identifier)와 이동할 지역의 기지국으로부터 수신한 ANID가 다를 경우, 현재 영역 내의 상위 개체에게 이 사실을 알려주게 되고, 게이트웨이 기능을 수행하는 GFA (Gateway FA)는 자신의 영역 내 ANID가 아니라고 판단될 경우에는 멀티캐스트를 통하여 인접하는 GFA로 위치 정보를 요청하게 된다. 이때 해당 GFA는 자신의 IP 주소 정보를 가지고 요청에 대한 응답을 보내며, 이 정보를 바탕으로 HA에 동시 바인딩이 생성됨으로써 사전 등록이 이루어진다.

비용 분석 및 시뮬레이션 결과 제안하는 MIPLPR 기법이 MIP와 MIPRR에 비해 이동 노드의 속도, 홈 네트워크까지의 거리, 영역 내 이동비율 등의 요소에 따른 평균 패킷 수신율 측면에서 성능의 향상을 보임을 확인하였다.

II장에서는 기존 지역 등록 기법 중에서 대표적인 MIPRR 기법에 대해 살펴보고, III장에서는 제안하는 MIPLPR 기법의 동작 과정에 대해 설명한다. IV장에서는 비용 분석을 통해 Mobile IP, MIPRR 그리고 제안하는 MIPLPR 기법을 비교한 후, 시뮬레이션을 통해 비용 분석의 결과를 검증하며, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. Mobile IP Regional Registration 기법

본 장에서는 Mobile IP의 문제점을 개선하기 위한 지역등록 기법 중에서 인터넷 드래프트에 제안된 MIPRR 기법에 대해 논의해보고, 그 문제점을 도출한다.

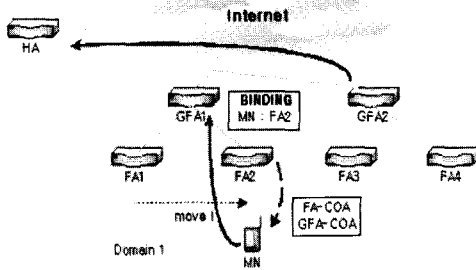


그림 1. MIPRR 기법에서의 영역내 이동 모델

MIPRR 기법에서는 FA간을 이동할 때마다 HA에 등록함으로써 발생하는 Mobile IP의 과도한 등록 지연 시간을 줄이기 위해 FA의 계층화를 제시하였다. 상위레벨의 GFA는 하위레벨의 FA들을 관리하고, 이동 노드가 영역 내의 FA 간을 이동할 때의 등록과정을 HA를 대신하여 담당한다.

그림 1은 MIPRR 기법에서 이동 노드가 영역내 FA간을 이동할 때의 동작 절차를 기술하고 있다. 이동 노드가 FA1에서 FA2로 이동할 때 이동 노드가 보낸 등록 요청 메시지는 HA까지 가지 않고, GFA1이 HA의 역할을 대신해서 등록 절차를 수행하게 된다. GFA1은 이동 노드에 대한 바인딩 정보를 [MN:FA1]에서 [MN:FA2]로 갱신하고 등록 응답 메시지를 이동노드에게 보낸다.

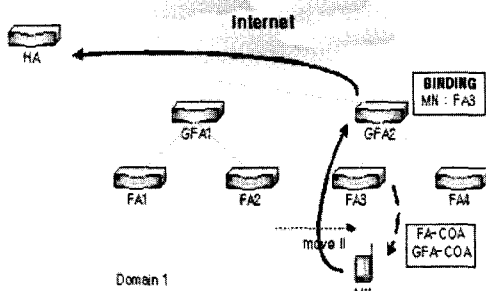


그림 2. MIPRR 기법에서의 영역간 이동 모델

이 때의 등록 과정이 이동 노드와 HA 사이에서 끝나게 되므로 홈 네트워크와 현재 이동 노드가 속한 외부 네트워크까지의 거리가 멀 경우, 상당한 등록 시간 지연의 감소 효과를 얻을 수 있게 된다.

하지만, 이동 노드가 영역간에서 이동했을 때는

이동 노드의 보안 측면에서 Mobile IP 등록 절차를 따라야 하기 때문에 여기에서 발생하는 등록 지연 시간은 피할 수 없게 되고, 역시 실시간 데이터 서비스를 지원해주기 위한 QoS 요구 조건을 보장하기 어렵게 된다. 그림 2는 이동 노드의 영역 간 이동시에 동작 절차를 보여주고 있다.

### III. Mobile IP Local Pre-Registration 기법

제안하는 MIPLPR 기법은 이동 노드의 영역 간 이동시에 발생하는 패킷 손실을 줄이기 위해서 이동 노드가 영역 간 이동을 하기 전에 먼저 cdma2000 시스템의 링크 계층 정보를 이용하여 미리 이동할 곳의 GFA의 IP 주소를 HA에 등록하게 되고, 따라서 이동 노드는 패킷을 손실없이 전달받을 수 있게 한다.

제안하는 기법을 MIPRR 기법과 비교해 보면, MIPRR에서는 이동 노드가 처음 네트워크 영역 내부로 이동해 들어올 경우, PDSN/FA1이 이 메시지 내에 자신의 IP 주소와 GFA1의 IP 주소를 보냈던 것에 반하여, 제안하는 방법에서의 이동 노드는 기존 Mobile IP 개념과 동일한 에이전트 광고 메시지를 PDSN/FA1으로부터 받는다. 이는 실제 FA와 이동 노드 사이의 메시지 전달이 어려움이 높은 무선 인터페이스 구간임을 감안해 가급적 시그널링 메시지의 크기를 줄이고자 한 것이다.

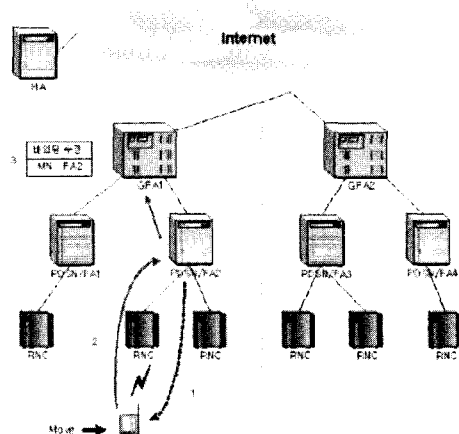


그림 3. MIPLPR 기법에서의 영역내 이동 모델

그림 3은 제안하는 MIPLPR 기법에서 이동 노드

가 영역 내에서 이동 할 때의 동작 절차를 나타내고 있다. 이동 노드의 등록 요청 메시지에 대한 응답 및 위치 관리는 이동 노드가 영역 내에서 이동하는 동안 HA를 대신해서 GFA가 수행한다. 제안하는 기법에서는 GFA가 영역 내의 모든 이동 노드에 대한 위치 관리를 해줘야 하기 때문에 GFA로 오버헤드가 집중되는 단점을 가진다. 최근 GFA의 오버헤드를 줄이기 위한 연구 중에서 대표적인 기법인 cdma2000 Fast Handoff 기법[9]에서는 이동 노드가 영역 내로 들어왔을 때 처음 서비스를 해주는 PDSN/FA가 HA를 대신해서 이동 노드에 대한 위치 관리를 해주므로, 오버헤드를 분산시킬 수 있다는 장점을 가진다. 하지만, cdma2000 Fast Handoff 기법에서 이동 노드에 대한 오버헤드를 완전히 분산시키기 위해서는 영역 내의 모든 PDSN/FA가 Anchor FA 기능이 구현되어야 한다는 단점을 가진다. 따라서, 제안하는 방법과 cdma2000 Fast Handoff 기법은 오버헤드와 기존 인프라와의 호환성 측면에서 trade-off 관계에 있다고 할 수 있다.

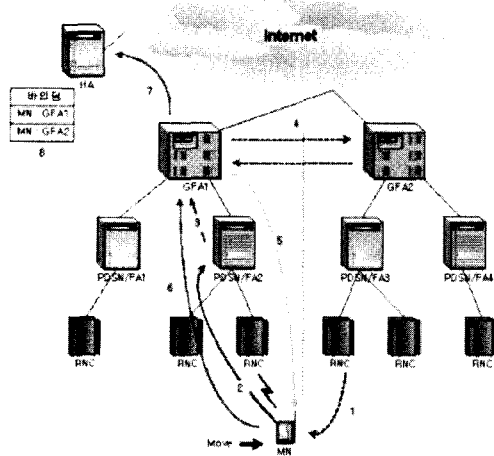


그림 4. MIPLPR 기법에서의 사전 등록 모델

그림 4에서는 이동 노드가 영역간을 이동하기 전에 경계 셀의 핸드오프 존에서 이루어지는 동작 절차를 보여주고 있다. 이동 노드는 경계 셀의 핸드오프 존에 도달했을 때, 기지국을 통하여 PDSN/FA3의 영역을 의미하는 Access Network Identifier (ANID)를 수신하게 된다. 이동 노드는 자신이 저장하고 있었던 ANID와 수신한 ANID를 비교하여 액

세스 네트워크가 변경되었음을 알게 되고, 수신한 ANID가 포함된 핸드오프 요청 메시지 (Handoff Required Message)를 현재 서비스 중인 PDSN/FA2로 보낸다. 그러면 현재 이동 노드가 속한 네트워크는 ANID가 자신의 네트워크에 있는지 검색하고, 만일 ANID가 존재한다면 필요한 핸드오프 절차를 수행해준다. 만약 존재하지 않는다면, GFA1은 ANID를 포함시켜 인접한 GFA들에게 COA Request Message를 전송하게 된다. 이 메시지를 받은 GFA 중에서 주어진 ANID와 일치하는 ANID를 가진 GFA(여기에서는 GFA2)는 자신의 IP 주소를 COA로 하는 COA Reply Message를 GFA1으로 전송한다. GFA1은 이동 노드에게 사전 등록을 요구하는 Pre-Registration Initiate Message를 전송하고, 이동 노드는 's' bit이 설정된 등록 요청 메시지를 GFA1으로 보내게 된다. 여기서 's' bit의 역할은 RFC 2002에서 정의된 동시 바인딩 (Simultaneous Binding)을 가능하게 해준다. GFA1은 등록 요청 메시지의 's' bit이 설정되어 있기 때문에 GFA2의 IP 주소와 자신의 IP 주소를 COA 필드에 담아서 HA에게 보낸다. HA는 이동 노드에 대한 두 가지 바인딩 정보[MN:GFA1, MN:GFA2]를 동시에 갖게 되고, 이때부터 이동 노드로 가는 패킷을 두 영역으로 동시에 포워딩 해준다. 실제로 이동 노드의 영역 간 이동이 발생했다면, 이동 노드는 자신에게 오는 패킷을 새로운 등록 과정 동안 발생하는 지연 시간에도 받을 수 있게 되어 패킷 손실을 피할 수 있게 된다.

이동 노드가 이동 후에 PDSN/FA3으로부터 에이전트 광고 메시지를 받게 되면, 그림 5에서와 같이 정상적으로 HA와의 등록 과정을 수행한다. GFA2에 이동 노드에 대한 위치 바인딩 정보가 생성되기 전에 도달된 패킷은 GFA2에 의해 버려진다. 만약, 이동 노드가 경계 셀에서 영역 간 이동을 하지 않았을 경우, HA에 남아있는 GFA2에 대한 바인딩 정보는 타이머 값이 만료되면 해제된다.

한편 MIPLPR 기법에서의 FA는 무선 인터페이스 구간에서 두 가지의 COA(FACOA, GFACOA)를 이동 노드에게 전달한다. 따라서 Mobile IP와 비교하여 FA의 S/W의 변경이 불가피하고 어려움이 높은 무선 인터페이스 상에 메시지량이 커진다는 문제점이 발생한다. 제안하는 기법에서는 FA가 Mobile IP와 동일하게 FACOA 만을 전달하고 GFA에서 이것을 GFACOA로 변경시키는 방법을 채택하여 이것을 해결하였다.

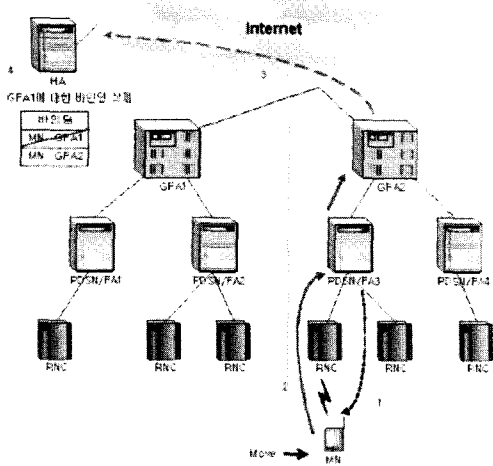


그림 5. MIPLPR 기법에서의 영역간 이동 모델

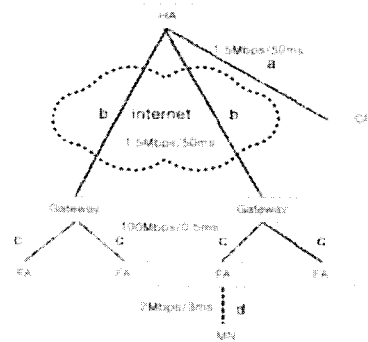


그림 6. 비용 분석을 위한 시스템 모델

#### IV. 비용분석 및 시뮬레이션

##### 1. 시스템 모델

MIP와 MIPRR 기법, 그리고 제안하는 MIPLPR 기법에 대한 비용 분석을 하기 위한 시스템 모델은 그림 6과 같이 가정한다. 각 기능 개체 간 거리의 가중치 값을 나타내기 위해서 a,b,c,d가 사용되는데 a와 b는 인터넷상의 거리를 나타낸다. 또한 d는 무선 인터페이스의 논리적인 거리를 의미하며, c와 f는 하나의 서브넷 내에서 정의 될 수 있다. L 값은 데이터 패킷의 평균 길이를 제어 패킷의 평균 길이로 나눈 값을 의미한다.

외부 인터넷 호스트는 이동노드를 목적지로 하는 데이터 패킷을 평균  $\lambda$ 로 발생시키고, 이동 노드는 서브넷 사이를 평균  $\mu$ 로 이동한다. 여기서 PMR (Packet to Mobility Ratio:  $p$ )이 정의 될 수 있는데 PMR이란 이동 노드가 서브넷 사이를 한번 이동했을 때 외부 호스트 (Correspondent Node: CN)에 의해 생성되는 패킷의 평균 개수를 의미한다. 이동 프로세스와 패킷 생성 프로세스가 서로 독립적이고, 정적이라 가정할 때,  $PMR(p)=\lambda/\mu$ 가 된다[10].

##### 2. 비용 분석

제안하는 기법의 비용 분석을 위해 다음과 같은 용어들을 정의한다.

- $C_{MIP}$  : MIP 기법에서 이동 노드가 서브넷 사이를 한번 이동하는데 드는 평균 총 비용
- $C_{MIPRR}$  : MIPRR 기법에서 이동 노드가 서브넷 사이를 한번 이동하는데 드는 평균 총 비용
- $C_{MIPLPR}$  : MIPLPR 기법에서 이동 노드가 서브넷 사이를 한번 이동하는데 드는 총 비용
- $C_{OFA}$  : 이동 노드가 서브넷 사이를 한번 이동할 때 이전 FA(Old FA)로 가는 패킷에 드는 평균 비용
- $C_{NFA}$  : 이동 노드가 서브넷 사이를 한번 이동할 때 현재 FA(New FA)로 가는 패킷에 드는 평균 비용
- $C_{REG\_MIP}$  : MIP의 등록 비용
- $C_{REG\_MIPRR}$  : MIPRR의 등록 비용
- $C_{REG\_MIPLPR}$  : MIPLPR의 등록 비용
- $T_{RD\_MIP}$  : MIP의 등록 지연 시간
- $T_{RD\_MIPRR}$  : MIPRR의 등록 지연 시간
- $T_{RD\_MIPLPR}$  : MIPLPR의 등록 지연 시간
- $C_{PF}$  : 기능 개체에서 제어 패킷의 처리 또는 데이터 패킷의 포워딩 비용
- $T_n$  : 거리가  $n$  인 경로상에서 제어 패킷을 전달하는데 걸리는 시간
- $T_{PROCESS}$  : 기능 개체에서 제어 패킷 처리 하는데 걸리는 시간
- $C_{CN\_MN}$  : 외부 호스트 CN이 이동 노드로 하나의 패킷을 보내는데 드는 비용

먼저 Mobile IP의 비용을 분석해 보면, 이동 노드

가 서브넷 사이를 한번 이동하는데 드는 MIP의 평균 총 비용은 이동 노드의 등록 비용과 이전 FA로 가는 패킷에 드는 비용, 그리고 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용의 합으로 표현될 수 있다.

$$C_{MIP} = C_{REG\_MIP} + C_{OFA} + C_{NFA} \quad (1)$$

그리고 등록 과정은 이동 노드와 HA 사이에서 등록 요청 메시지와 등록 응답 메시지를 교환하는 절차를 따르므로 그 비용은 다음과 같다.

$$C_{REG\_MIP} = 2(b + c + d) + 7 C_{NFA} \quad (2)$$

이전 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 이동 노드가 현재 FA로 이동해 와서 HA까지 등록 요청 메시지가 도달하는 시간 동안 계산된다. 이것은 HA에서 등록 요청이 수락되고 HA의 바인딩 정보가 갱신되는 시점 이후의 패킷은 현재 FA로 전달되기 때문이다. 등록 요청 메시지가 HA에 도달할 때까지의 등록 지연 시간인 식(4)와 패킷 생성률  $\lambda$ 의 곱은 이전 FA로 가는 패킷의 수, 즉 손실된 패킷의 수를 의미한다.

$$C_{OFA} = \lambda T_{RD\_MIP} C_{CN\_MN} \quad (3)$$

$$T_{RD\_MIP} = T_b + T_c + T_d + 4 T_{PROCESS} \quad (4)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c) + 2 C_{PF} \quad (5)$$

현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 손실된 패킷에 대한 재전송 여부에 따라 달라진다. 재전송이 고려되지 않을 때 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 외부 호스트가 보낸 총 패킷에서 이전 FA로 보내는 패킷에 드는 비용의 차이를 가지고 계산된다.

$$C_{NFA} = (p - \lambda T_{RD\_MIP}) C_{CN\_MN} \quad (6)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c + d) + 3 C_{PF} \quad (7)$$

한편, 패킷에 대한 재전송이 고려되는 경우에 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 다음과 같이 주어진다.

$$C_{NFA} = p C_{CN\_MN} \quad (8)$$

MIPRR 기법의 비용 분석은 이동 노드가 영역 내에서 이동할 때와 영역간에서 이동할 때의 동작 절차가 다르므로 분류해서 설명한다. 먼저 이동노드의 영역내 이동인 경우의 MIPRR 기법에 대한 평균 총 비용은 다음과 같다.

$$C_{MIPRR} = C_{REG\_MIPRR} + C_{OFA} + C_{NFA} \quad (9)$$

이동 노드가 영역내에서 이동할 때의 등록 절차는 GFA와 이동 노드사이에서 이루어진다. 따라서, 그 등록 비용은 식 (10)과 같다.

$$C_{REG\_MIPRR} = 2(c + d) + 5 C_{PF} \quad (10)$$

그리고 이전 FA로 가는 패킷에 대한 비용은 다음과 같다.

$$C_{OFA} = \lambda T_{RD\_MIPRR} C_{CN\_MN} \quad (11)$$

$$T_{RD\_MIPRR} = T_c + T_d + 3 T_{PROCESS} \quad (12)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c) + 2 C_{PF} \quad (13)$$

현재 FA로 가는 패킷에 대한 비용은 식(14)로 표현된다.

$$C_{NFA} = (p - \lambda T_{RD\_MIPRR}) C_{CN\_MN} \quad (14)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c + d) + 3 C_{PF} \quad (15)$$

단, 패킷에 대한 재전송이 고려되는 경우, 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 다음과 같다.

$$C_{NFA} = p C_{CN\_MN} \quad (16)$$

이동 노드가 영역간에서 이동할 때 MIPRR의 비용은 MIPRR의 동작 과정이 MIP와 동일한 절차를 따르기 때문에 식 (1)과 식 (17)의 값은 같다고 할 수 있다.

$$C_{MIPRR} = C_{REG\_MIPRR} + C_{OFA} + C_{NFA} \quad (17)$$

한편 이동 노드가 영역간에서 이동할 때의 MIPRR 기법에서의 등록 비용은 다음과 같다.

$$C_{REG\_MIPRR} = 2(b + c + d) + 7 C_{PF} \quad (18)$$

이전 FA로 가는 패킷에 드는 비용과 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 각각 식 (19)와 식 (22)로 설명된다.

$$C_{OFA} = \lambda T_{RD\_MIPRR} C_{CN\_MN} \quad (19)$$

$$T_{RD\_MIPRR} = T_b + T_c + T_d + 4 T_{PROCESS} \quad (20)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c) + 2 C_{PF} \quad (21)$$

$$C_{NFA} = (p - \lambda T_{RD\_MIPRR}) C_{CN\_MN} \quad (22)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c + d) + 3 C_{PF} \quad (23)$$

패킷에 대한 재전송이 고려되는 경우, 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 다음과 같다.

$$C_{NFA} = p C_{CN\_MN} \quad (24)$$

제안하는 MIPLPR 기법의 평균 총비용은 이동 노드가 영역간에서 이동할 때도 영역 내에서 이동하는 경우와 동일한 수준의 QoS를 보장할 수 있다. 제안하는 기법에 대한 평균 총 비용은 식(25)로 주어진다.

$$C_{MIPLPR} = C_{REG\_MIPLPR} + C_{OFA} + C_{NFA} \quad (25)$$

$$C_{REG\_MIPLPR} = 2(c + d) + 5 C_{PF} \quad (26)$$

그리고 제안하는 기법에서 이전 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 다음과 같다.

$$C_{OFA} = \lambda T_{RD\_MIPLPR} C_{CN\_MN} \quad (27)$$

$$T_{MIPLPR} = T_c + T_d + 3 T_{PROCESS} \quad (28)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c + d) + 2 C_{PF} \quad (29)$$

제안하는 기법에서 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 식 다음과 같다.

$$C_{NFA} = (p - \lambda T_{RD\_MIPLPR}) C_{CN\_MN} \quad (30)$$

$$C_{CN\_MN} = L(a + b + c + d) + 3 C_{PF} \quad (31)$$

단, 패킷에 대한 재전송이 고려되는 경우, 현재 FA로 가는 패킷에 드는 비용은 다음과 같다.

$$C_{NFA} = p C_{CN\_MN} \quad (32)$$

### 3. 비용 분석 결과 비교

비용 분석의 결과를 쉽게 비교하기 로컬 네트워크 내의 지연 시간을 의미하는  $c$ 와  $f$ 값을 1로 하고 인터넷상의 지연 시간  $a$ ,  $b$ 는 100으로, 무선 인터페이

스 구간을 나타내는  $d$ 는 5로 가정한다. 제어 패킷의 처리비용이나 데이터 패킷의 포워딩 비용은 1로 계산한다. 패킷의 평균 길이는 제어 패킷을 100바이트, 데이터 패킷을 1000바이트로 한다. 비용 비율(Cost Ratio)은 MIP의 총 비용에 대한 다른 기법들의 상대적인 비로 나타낸다.

그림 7은 이동 노드(차량)의 속도에 따른 비용을 나타내고 있다. 이동 노드의 속도는 20km/h와 80km/h 사이에서 균일분포이며 그리고 이동 노드의 영역내 이동확률은 75%로 가정한다.

그림 8은 이동 노드와 HA 사이의 거리에 따른 비용을 의미하고 있다. 여기에서 지연 시간의 비는 이동 노드와 HA 사이의 거리, 즉  $b$ 를  $c$ 로 나눈 값이 된다. 이동 노드의 평균 속도는 50km/h로 하고 영역내 이동 비율은 75%로 해서 얻은 결과이다. 이동 노드가 속한 외부 네트워크와 홈 네트워크 사이의 거리가 멀어질수록 MIPRR에 비하여 제안하는 MIPLPR 기법의 성능향상 효과가 커짐을 알 수 있다.

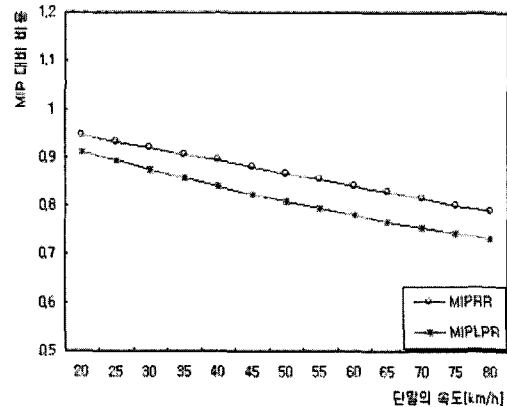


그림 7. 이동 노드의 속도에 따른 비용 비율

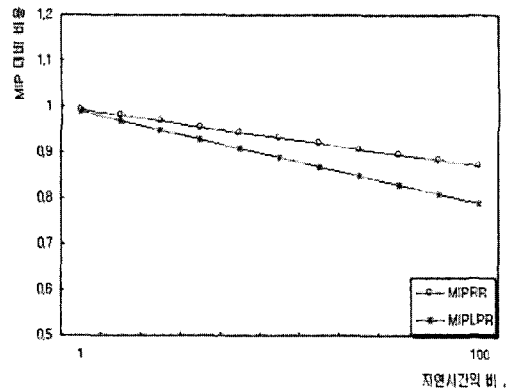


그림 8. 이동 노드와 HA의 거리에 따른 비용 비율

그림 9는 50km/h의 속도를 가진 이동 노드의 영역내 이동 비율에 따른 비용을 보이고 있다. 이동 노드의 영역 내 이동 빈도가 영역간 이동 빈도 보다 상대적으로 높아질수록 MIP에 비해 MIPRR 기법의 성능이 향상된다는 것을 알 수 있다. 하지만 MIPRR 기법에 비하여 제안하는 MIPLPR 기법은 영역 내 이동 비율에 관계없이 항상 상대적으로 높은 성능을 보이고 있다. 이는 이동 노드가 이동하기 전에 미리 이동할 곳에 대한 사전 등록을 수행하는 과정에서 패킷 손실이 발생하지 않았다는 것을 의미한다.

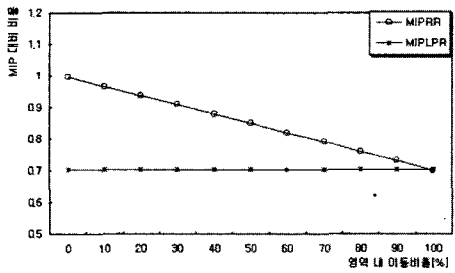


그림 9. 이동 노드의 영역 내 이동 비율에 따른 비용 비율

4. 시뮬레이션 결과 비교

그림 10과 11은 시뮬레이션에 사용된 네트워크 모델과 시뮬레이션 환경을 보여주고 있다. 전체 네트워크는 각 GFA에 의해 관리되는 4개의 네트워크 영역으로 구분하고, GFA의 영역에 해당하는 하나의 네트워크 안에는 16개의 FA를 할당하였다.

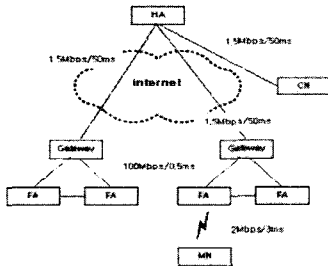


그림 10. 네트워크 모델

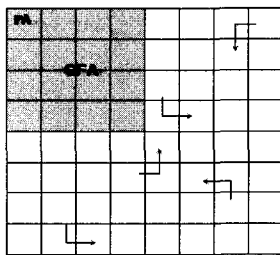


그림 11. 네트워크 환경

FA당 16개의 사각 셀이 존재하며 셀 반경은 1km x 1km으로 가정하였다. 이동 노드는 임의의 셀 위치에서 동서남북의 네가지 방향성을 갖고 생성되며, 영역 내 이동비율은 하나의 이동 노드가 네 방향으로 100번 이동할 때, 영역 내에서 이동한 빈도를 계산한 것으로 100개의 이동 노드에 대한 평균 값 75%으로 계산된다. 이동 패턴은 자유롭게 변화될 수 있도록 모델링하였고 시뮬레이션은 NS-2를 이용하여 실시되었다[12].

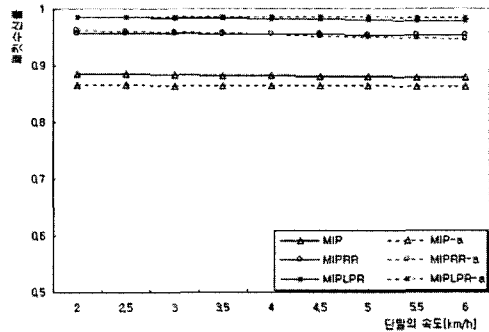


그림 12. 이동노드(보행자)의 속도에 따른 패킷 수신률

그림 12과 그림 13은 이동 노드의 이동 속도 변화에 따른 패킷 수신률을 보여준다. 여기에서 패킷 수신률이란 실제 이동 노드가 수신한 패킷의 개수를 송신측 호스트가 보낸 총 패킷의 개수로 나눈 값이 된다. 보행자의 속도는 2km/h와 6km/h 사이에서 그리고 차량의 속도는 20km/h와 80km/h 사이에서 균일분포를 따르도록 가정하였다. 이동 노드의 이동 속도가 증가하게 되면, 등록 과정이 종료되기 전에 이동하게 되는 거리가 길어지므로 이동 노드의 이동성 관리가 어렵게 되고 패킷 손실량은 늘어나게 된다. 저속의 보행자보다 고속의 차량의 경우 이동 속도가 증가할수록 MIP와 MIPRR 기법보다 제안하는 MIPLPR 기법이 패킷 손실 측면에서 상당한 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

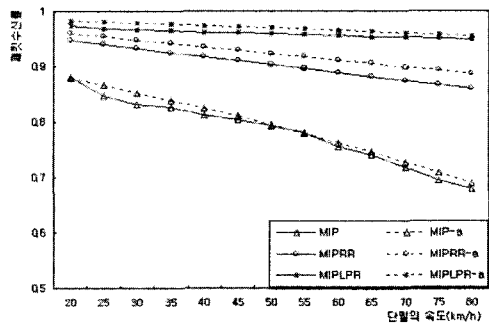


그림 13. 이동노드(차량)의 속도에 따른 패킷 수신률



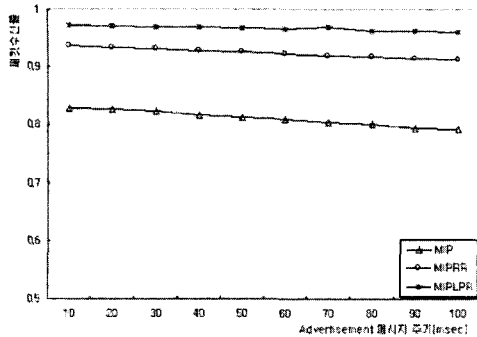


그림 14. 에이전트 광고 메시지 주기에 따른 패킷수신률

그림 14는 FA에서의 에이전트 광고 메시지 전송 주기에 따른 패킷 수신률을 보이고 있다. 에이전트 광고 메시지 전송 주기가 길어지면, 이동 노드가 새로운 FA에 도달하더라도, 자신의 현재 위치를 등록하는데 필요한 COA를 받는 시점이 늦어져 패킷 손실량이 늘어날 가능성이 커지게 된다.

그림 15는 이동 노드가 위치한 네트워크 영역과 홈 네트워크와의 거리에 따른 패킷 수신률을 보이고 있다. 이동 노드가 홈 네트워크로부터 멀어짐에 따라 등록 지연 시간이 길어지기 때문에 패킷 손실량이 커지게 된다.

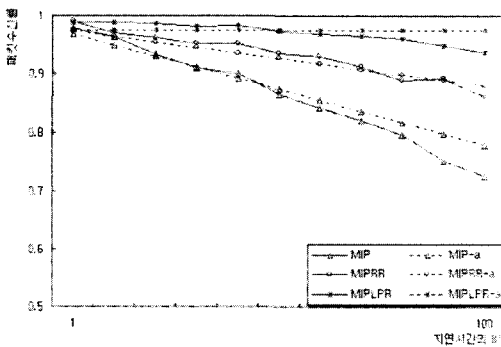


그림 15. 이동 노드와 HA의 거리에 따른 패킷 수신률

그림 15는 이동 노드의 영역내 이동 비율에 따른 패킷 수신률의 변화를 나타내고 있다. 이동 노드가 영역내에서 이동하는 빈도가 높을수록 Mobile IP에 비해 MIPRR 기법의 성능향상이 두드러지고, 영역간 이동 빈도가 높을수록 제안하는 기법이 MIPRR 기법보다 더 나은 성능을 보임을 알 수 있다.

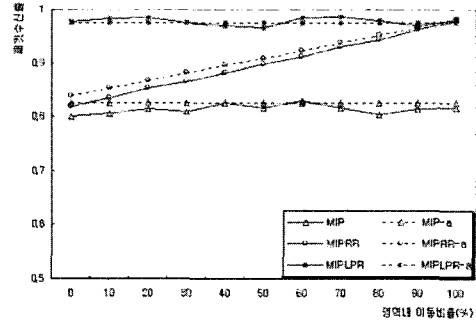


그림 16. 이동 노드의 영역내 이동 비율에 따른 패킷수신률

### V. 결론

본 논문에서는 실시간 데이터 서비스를 수용한 cdma2000 패킷 네트워크 환경에서, 패킷 손실을 줄이기 위한 효율적인 Mobile IP의 이동성 관리 방법을 제안하였다. 기존 Mobile IP 기법은 마이크로 이동성을 지원하지 못하므로 이동 노드가 FA를 이동할 때마다 매번 HA와 등록이 이루어지기 때문에 과도한 등록 지연시간으로 인해 다량의 패킷 손실이 발생한다. 또한 지역 등록 개념을 이용하는 MIPRR 기법은 이동 노드가 영역 내에서 이동할 때는 빠른 핸드오프를 지원하지만, 영역간 이동시에 여전히 Mobile IP 프로토콜을 사용하므로 패킷 손실을 피할 수 없었다.

따라서 이러한 MIPRR 기법의 문제점을 극복하기 위해서 본 논문에서는 이동 노드가 영역간을 이동하기 전에, 경계 셀의 핸드오프 존에서 cdma2000 시스템의 링크 계층 정보를 이용해 미리 이동할 영역에 대한 사전 등록 과정을 수행하게 함으로써, 영역을 이동한 후 발생하는 등록 지연시간으로 인한 패킷 손실을 줄였다.

비용 분석과 시뮬레이션 결과 제안하는 MIPLPR 기법이 MIP와 MIPRR에 비해 이동 노드의 속도, 홈 네트워크까지의 거리, 영역 내 이동비율 등의 요소에 따른 평균 패킷수신률 측면에서 성능의 향상을 보임을 확인하였다.

### 참고 문헌

[1] C. E. Perkins, "IP Mobility Support", IETF RFC 2002, October 1996  
 [2] J. D. Solomon, Mobile IP The Internet Unplu-

gged, Prentice Hall, 1998

[3] C. E. Perkins and D. B. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP", internet draft, draft-ietf-mobileip-optim-10.txt, 15 November 2000; work in progress

[4] E. Gustafsson, et al, "Mobile IP Regional Registration", internet draft, draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-04.txt, 2 March 2001; work in progress

[5] T. L. Porta, R. Ramjee, and L. Li, "IP Micro-Mobility Support Using HAWAII", internet draft, draft-ietf-mobileip-hawaii-00.txt, June 1999; work in progress.

[6] A. G. Valko, "Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility", *Computer Communications Review*, January 1999, pp. 50-65

[7] S. Das, et al, "TeleMIP: Telecommunications-Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intradomain Mobility", *IEEE Personal Communications*, August 2000, pp. 50-58

[8] Yingchun Xu, et al, "Mobile IP Based Micro Mobility Management Protocol in the Third Generation Wireless Network", internet draft, draft-ietf-mobileip-3gwireless-ext-06.txt, May 2001; work in progress

[9] Rajesh Bhalla, "Fast Handoff in cdma2000 Wireless IP Networks PP Interface Stage-2 and Stage-3 Description" Cisco Systems, February 12, 2001.

[10] Ravi Jain, et al, "Mobile Internet Access and QoS Guarantees Using Mobile IP and RSVP with Location Registers", *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Communications*

[11] 박민철, 임재성, "이동통신망에서의 실시간 데이터 서비스를 위한 Mobile IP 지역 내 사전 등록 기법", 한국통신학회 하계 학술 발표회, pp. 377-380, 2001

[12] Network Research Group, Lawrence Berkeley National Laboratory. Network Simulator version 2 (NS-2). URL: <http://www.isi.edu/nanam/ns/>

[13] C. E. Perkins, et al, "Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP", in *Proc. IEEE*, 1998

[14] G. D. Foster, et al, "Mobile IP and Wide Area Wireless Data", in *Proc. IEEE*, 1999

[15] K. E. Malki, et al, "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4", internet draft, draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-03.txt, Nov 2001; work in progress

[16] S. Glass, et al, "Registration Revocation in Mobile IPv4", internet draft, draft-ietf-mobileip-reg-revok-01, July 2001; work in progress

박민철(Min-Chul Park)

정회원



2000년 2월 : 아주대학교  
정보및컴퓨터공학부 졸업  
2002년 2월 : 아주대학교  
정보통신공학과 석사  
20002년 4월 ~ 현재 : 한도하  
이테크 무선데이터연구소 연구원

<주관심분야> Mobile IP, Mobility Management, IMT-2000

임재성(Jae-Sung Lim)

정회원



1983년 2월 : 아주대학교  
전자공학과 졸업  
1985년 2월 : 한국과학기술원  
전기및전자공학과 석사  
1994년 8월 : 한국과학기술원  
전기및전자공학과 박사  
1985년~1988년 : 대우통신종합

연구소 전임연구원

1988년~1995년 : 디지콤정보통신연구소 책임연구원  
1995년~1998년 : SK텔레콤 중앙연구원 책임연구원  
1998년~현재 : 아주대학교 정보통신전문대학원 부  
교수

<주관심분야> 이동통신, 무선인터넷