

# Network Mobility 환경에서의 효율적인 위치관리 기법

## (An Efficient Location Management Scheme in the Network Mobility)

김혜영<sup>†</sup>    송의성<sup>†</sup>    길준민<sup>\*\*</sup>    황종선<sup>\*\*\*</sup>  
(Hye-Young Kim)    (Uy-Seang Song)    (Joon-Min Gil)    (Chong-Sun Hwang)

**요약** 항공기, 보트, 열차 그리고 자동차와 같이 이동성 있는 네트워크들안에서의 이동노드들은 함께 움직이며 같은 이동성을 공유한다. 따라서 본 논문에서는 네트워크 모빌리티 안의 이동노드들 공동의 이동성을 토대로 한 효율적인 위치관리기법을 제안한다. 또한 이동노드가 바인딩 갱신 메시지를 이동노드와 통신 중인 노드들 (correspondent nodes)에게 전송할 때 멀티캐스트 기법을 적용하여 이동노드나 이동노드와 통신 중인 노드들의 증가에도 일정한 바인딩 갱신 메시지만을 발생시킴으로써 효율적인 위치관리를 할 수 있다. 제안한 기법에 대한 분석모델을 기존의 연구들인 HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6)와 NEMO (Network Mobility)와 비교 분석함으로써 효율성을 검증한다.

**키워드** : 이동노드, 이동라우터, 위치관리, 바인딩 갱신 멀티캐스트

**Abstract** Mobile nodes are change their point of attachment dynamically such as networks deployed in aircraft, boats, trains, and cars. These mobile nodes move together and share the same mobility properties.

Therefore, this paper addresses an efficient location management scheme based on collaboration of mobile nodes to a mobile network. We propose a scheme that combines multicast routing with Mobile IPv6 to support mobile network in the internet. This paper also tests the usefulness of our proposed method using analytical models and compares the results with our scheme and HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6) and Network Mobility(NEMO).

**Key words** : Mobile Node, Mobile Router, location management, Binding Update Multicast

### 1. 서론

IETF Mobile IPv6 프로토콜에서는[1] 이동노드가 이동 중이더라도 원활한 통신을 제공하기 위하여 이동노드(MN:Mobile Node)가 홈 네트워크를 벗어나서 다른 서브넷으로 이동시에는 새로운 임시주소를 (COA:Care-Of-Address) 얻은 후 현재의 위치를 알려 주기 위해 이동노드의 홈 에이전트와 이동노드와 통신 중인 모든 노드(CN:Correspondent Node)에게 바인딩 갱신 (BU: Binding Update) 메시지를 사용하여 위치등록을 수행

한다. 바인딩 갱신 메시지는 이동노드의 바인딩 유효기간을 의미하는 라이프타임을 설정하고 있으며, 이동노드는 라이프타임이 만료되기 직전에 홈 에이전트와 CNs에게 바인딩 갱신 메시지를 통하여 위치등록을 수행한다. 앞에서 설명한 바와 같이 이동노드는 위의 두 가지의 경우에 바인딩 갱신 메시지를 통하여 위치관리를 수행하고 있다. 그러나 사용자의 이동성을 지원하기 위해서 빈번한 바인딩 갱신 메시지를 발생시키게 되며, 이러한 추가적인 시그널링은 부족한 자원인 주파수 대역폭을 사용하게 되어 네트워크 부하를 초래하게 되며, 이는 효율적인 위치관리를 위한 문제 중의 하나로 심각하게 대두되고 있다.

기술의 발전은 사람, 자동차, 버스, 열, 비행기와 같은 이동성을 가진 네트워크(Network Mobility)를 가능하게 했다. 많은 이동노드들이 열차나 버스, 또는 비행기등을 타고 이동하는 경우에, 이동노드들은 같은 이동성을 가

<sup>†</sup> 비 회 원 : 고려대학교 컴퓨터학과  
khy@disys.korea.ac.kr

ussong@disys.korea.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터 연구원  
jmgil@kisti.re.kr

<sup>\*\*\*</sup> 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터학과 교수  
hwang@disys.korea.ac.kr

논문접수 : 2003년 11월 19일

심사완료 : 2004년 12월 29일

지므로 이동노드들 각각이 발생하는 바인딩 갱신 메시지를 그룹으로 관리하는 것이 가능하며, 이는 위치갱신을 위한 시그널링을 줄임으로써 효율적인 위치관리를 할 수 있다. Network MObility(NEMO) 환경에는 많은 이동노드들이 있으며, 이동노드가 위치갱신을 위해 사용하는 메시지들은 홈 에이전트에게 보내지며, 모든 CN들에게 각각 보내진다. 그러므로 이동노드가 위치갱신을 위해 초래하는 메시지 수는 CN들의 수가 많을수록 커지며, 많은 네트워크 부하를 초래하게 된다. 따라서 우리는 효율적인 위치관리를 위해 이동노드가 바인딩 갱신 메시지를 CN들에게 전송시에 멀티캐스트 기법을 적용하였다. 또한 바인딩 갱신 메시지의 수를 줄이기 위한 하나의 방법으로 NEMO 환경에서 이동노드의 바인딩 갱신 메시지의 라이프타임을 효율적으로 설정하는 방법을 고려하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구 및 연구동향을 살펴보고 3장에서는 본론으로 이 논문에서 제시하고자하는 효율적인 위치관리를 위한 새로운 모델과 위치관리 기법 및 그 알고리즘을 설명하고 4장에서는 수학적 모델링을 통한 분석 및 HIMPv6와 NEMO와의 성능비교를 보여주며 5장에서는 이 논문에 대한 마무리를 하였다.

## 2. 관련연구 및 연구동향

인터넷 프로토콜에 대한 세계적인 표준화를 담당하고 있는 IETF(International Engineering Task Force)[2]에서는 이동노드들의 인터넷을 통한 연결성과 이동성을 지원하기 위해 Mobile IP Working Group을 두고 있으며, Mobile IPv6 프로토콜이 제안되어 인터넷 드래프트로 등록되고 있으며, IETF(Internet Engineering Task Force)의 표준으로 채택되기도 한다. 그러나 Mobile IPv6 프로토콜에서의 이동성 관리를 위해 발생하는 시그널링과 소요되는 대역폭은 네트워크 상의 부하를 초래하여 트래픽 병목 현상을 유발시킨다.

[3],[4]에서는 Mobile IPv4를 기반으로 외부 에이전트(FA:Foreign Agent)들이 트리 구조로 구성되어 이동노드의 위치 변경에 따른 바인딩 갱신 메시지를 현재 속해 있는 외부 에이전트로부터 최상위 부모 노드의 외부 에이전트에게 보냄으로써 위치등록을 한다. [3]에서는 Mobile IPv6를 기반으로 이동성 관리를 위한 별도의 이동성 관리 에이전트와(Mobility Agent), 외부 네트워크와의 통신을 위한 경계라우터를(Boarder Router) 두고, 이동노드의 위치 변경에 따른 바인딩 갱신 메시지를 이동성 관리 에이전트(Mobility Agent)에만 보냄으로써 위치등록을 한다. Mobile IPv6 프로토콜상에서 사용자의 이동성을 고려하여 마이크로 영역과 매크로 영역으

로 분리하여 바인딩 갱신 메시지의 수를 줄임으로써 시그널링을 줄이려는 연구였으며[3-5], 특히 [3],[4]의 연구는 이동이 많은 이동노드들이 홈 에이전트로부터 멀리 떨어져 있는 경우에 한하여 적합하다. [5]에서는 지역적인 등록방법을 사용하여 바인딩 갱신메시지에 의한 시그널링을 최소화하고 수학적인 모델링을 통하여 최적의 지역적인 네트워크의 크기를 제안했다.

바인딩 갱신 메시지에 의한 시그널링을 최소화하기 위한 방법으로 [6]에서는 Concatenated Location Management (CLM)을 사용하였다. 이동노드들은 같은 움직임을 공유함으로써 이동노드들의 위치관리를 위해 이동노드들을 하나의 그룹으로 간주하였다. 이동노드의 위치관리를 위해 각각의 이동객체인 버스나 열차나 배에는 Intermediate Radio Stations(IRS)의 설치가 필요하며 한 번의 바인딩 갱신 메시지에 의해 이동 객체안의 모든 이동노드들은 위치정보를 갱신한다. 그러므로 효율적인 네트워크의 사용이 가능하였다. 그러나, [6]에서는 이동노드 각각의 이동성은 전혀 고려되지 않고 있다. 따라서 우리는 이 논문에서 Network Mobility 환경에서 이동노드들의 이동성을 효율적으로 관리하고, 새로운 라이프타임 설정에 대한 기법을 제안함으로써 효율적인 바인딩 갱신 메시지 발생 기법을 제안한다.

## 3. 시스템 구성

NEMO 프로토콜에서[7], 이동네트워크노드(MNN: Mobile Network Node)는 주어진 라이프타임의 만료직전과 다른 이동라우터(MR: Mobile Router)로 이동했을 때, 자신이 연결된 이동라우터를 통해서 바인딩 갱신 메시지를 CN과 홈 에이전트에게 보낸다. 이동네트워크는 많은 이동노드들을 포함하고 있고, 각각은 여러 개의 CN들을 갖는다. 그러므로 이동네트워크노드의 CN들에게 보내지는 이동노드의 바인딩 갱신 메시지는 폭발적인 증가현상(explosion) 가지게 된다. 이동노드의 CN들은 바인딩 갱신 메시지의 근원지를 잘못 인식할 수 있다. 이동라우터나 이동네트워크노드는 주기적으로 이동노드의 CN에게 바인딩갱신 메시지를 보내는 데, 이 바인딩 갱신 메시지는 근원지가 모두 COA<sub>MR</sub>로 되어 있다. 또한 이동네트워크 안의 CN들은 중복된 바인딩 갱신 메시지를 받게 된다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 동적인 DNS 갱신에 기반한 멀티캐스트[8] 제안되었다. 이동네트워크노드가 움직일 때 새로운 IP 주소를 얻고 DNS에 갱신한다. 이러한 방법은 DNS 갱신지연 때문에 핸드오버지연을 유발하게 되어 delay-bounded 어플리케이션에는 적합하지 않다. 또한 이 기법은 트랜스포트 프로토콜에서 투명성을 지원하지 못한다. 따라서 우리는 Active

Delivery Scheme (ADS<sup>+</sup>) 방법을 사용한 멀티캐스트 기법을 적용한다. 이동노드의 바인딩 갱신 메시지를 CN 들에게 전송할 때 각각의 이동네트워크노드들은 하나의 멀티캐스트 주소를 갖고 있으며, 이 멀티캐스트 주소 맵핑을 위해서 Mlticast-based Mobility[13]에 사용된 algorithmic mapping 기법을 적용한다. 즉, 이동네트워크노드가 사용하는 멀티캐스트 주소는 unicast-to-multicast 맵핑을 사용한다. 이때의 멀티캐스트 주소는 네트워크 프리픽스(prefix)가 된다.

표 1은 이 논문에서 사용되는 이동라우터의 바인딩 갱신 메시지 형식을 보여준다. 이동라우터는 이동네트워크노드들 각각에 대한 정보를 유지한다. 표 1에서의 첫 번째 표 안의 CN<sub>IP</sub>, CN<sub>ZIP</sub>, CN<sub>nIP</sub>은 이동라우터의 CN 을 나타낸다. 본 논문에서는 논문의 단순성을 위해서 multi-homing과 nesting MR (Mobile Router)에 대한 위치관리기법은 언급하지 않는다.

3.1 바인딩갱신 멀티캐스트

우리는 이 논문에서 이동노드의 바인딩 갱신 메시지를 이동네트워크노드의 CN에게 전달할 때 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 기반한 기법을 제안한다. 본 논문에서 라우터들은 각각의 통신중인 라우터들까지의 홉(hop) 수를 필요로 하지 않고 이동네트워크노드에서 CN까지는 최단거리경로가 제공된다고 가정한다. 멀티캐스트 세션은 DVMRP[11], PIM-SM[12], 또는 Core-Based-Tree(CBT)[13]를 사용하여 만들어진다. 그림 1은 논문 [9]에서 ADS<sup>+</sup>를 적용한 바인딩 갱신 멀티캐스트를 보여주며, 본 논문에서는 이 기법을 적용하였다.

멀티캐스트를 통해 바인딩 갱신 메시지를 CN들에게 전달하기 위해서 각각의 이동네트워크노드들은 하나의 멀티캐스트 주소를 가져야 한다. 본 논문에서는 멀티캐스팅을 위해서 사용되는 COA를 Multicast COA (MCOA)라고 한다. 우리는 COA와 MCOA 사이에는 one-to-one 맵핑을 가정한다, 이동네트워크노드가 새로운 영역으로 움직일 때 새로운 COA를 얻게 되고, 이동

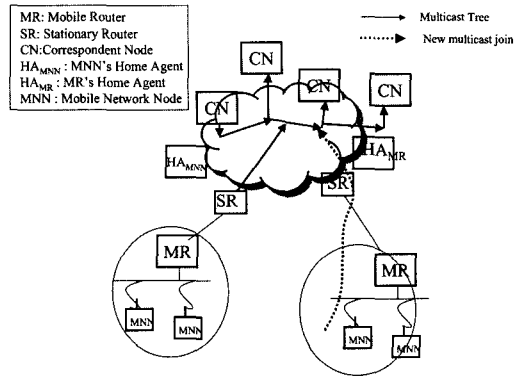
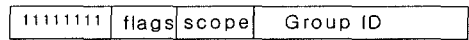


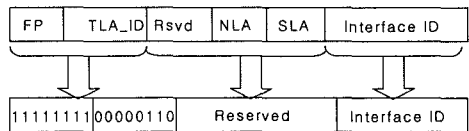
그림 1 ADS<sup>+</sup> 멀티캐스트 기법

네트워크노드의 홈 에이전트에게 바인딩 갱신 메시지를 사용하여 위치등록을 한다. 이동라우터는 이동네트워크노드를 위해서 COA를 MCOA로 맵핑한다. 표준 IPv6 유니캐스트 멀티캐스트 주소구조를 COA와 MCOA의 주소구조로 확장한다[14]. 따라서 우리의 제안 기법은 이동네트워크노드에 연결된 하나의 COA와 MCOA를 얻는다. 그림 2는 이동네트워크노드의 COA와 MCOA의 맵핑과정을 보여준다.

TLA<sub>ID</sub>는 그 도메인 안에 정해진 모든 주소와 공통이고, 이 주소는 그 도메인 밖으로의 라우팅을 위해 사용된다. 이동라우터는 <FP, TLA<sub>ID</sub>>를 FP, 000, 0110 으



(a) IPV6 Multicast Address



(b) RCOA to MCOA mapping for IPV6

그림 2 COA와 MCOA와의 주소맵핑

표 1 이동라우터의 정보 리스트

MR <sub>IP</sub>	COA <sub>MR</sub>	T <sub>m</sub>	MR <sub>PRF1X</sub>	MNN <sub>1IP</sub>	MNN <sub>2IP</sub>	...	MNN <sub>nIP</sub>	CN <sub>1IP</sub>	...	CN <sub>nIP</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...			

MNN	MNN의 CN <sub>1IP</sub>	MNN의 CN <sub>2IP</sub>	...	MNN의 CN <sub>nIP</sub>
MNN <sub>1IP</sub>	...	...	...	...
MNN <sub>2IP</sub>	...	...	...	...
...	...	...	...	...

로 대체한다. 패킷이 이동라우터에 도착하면 <FP, flag, scop>를 <FP, TLA<sub>id</sub>>로 대체하고, 이동라우터는 COA<sub>MR</sub>을 MCOA<sub>MR</sub>로 주소를 바인딩한다. 이를 위해 소요되는 비용들은 이동라우터의 위치갱신을 위한 수행 비용에 포함된다.

멀티캐스트 세션이 등록될 때 CN은 조인(join) 메시지를 네트워크에 보냄으로써 멀티캐스트 세션을 만든다. 만일 CN이 멀티캐스트를 지원하지 않는 네트워크에 들어오면 CN은 이동네트워크 노드의 홈 주소(Home Address)를 사용하여 패킷을 보낸다. [9]에서와 같이 멀티캐스트 트리는 이전의 이동네트워크노드에서 시작된다. 사용된 주소는 저장되어 있으며 이동네트워크노드는 바인딩 갱신 메시지를 보내기 전에 core/RP로 새로운 연결을 만든다. 바인딩 갱신 메시지가 CN들에게 멀티캐스트된 후 이 트리는 없어진다. 이 방법은 많은 시그널링 오버헤드를 유발하기도 한다. 그러나, 이 멀티캐스트 트리는 재사용되고, core/RP의 관점에서 볼 때 단순히 이동네트워크노드는 새로운 근원지 멤버일 뿐이므로 트리의 구조를 쉽게 만들 수 있다. 멀티캐스트가 시작되면 이동네트워크노드는 MCOA를 SD(Session Directory)에 등록한다. 이것은 앞으로 CN이 멀티캐스트 세션 주소를 빨리 연계 해준다. 새로이 멀티캐스트 세션에 들어온 CN은 오직 이 멀티캐스트세션에 단지 재가입(rejoin)하기만 하면 된다. CN과 이동네트워크노드가 동시에 들어오면 CN은 바인딩 갱신 메시지를 놓칠 수 있다. 만일 CN이 바인딩 갱신 메시지가 도착하기 전에 멀티캐스트 세션에 들어오면 이동네트워크노드에 대한 바인딩 갱신 멀티캐스트를 받을 수 없게 되기도 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이전의 이동라우터는 멀티캐스트 세

션에서 CN의 새로운 위치로 바인딩 갱신 메시지를 전달(forward) 해야만 한다. 본 논문에서는 멀티캐스트 프로토콜에서 멤버쉽에 의해 사용되는 조인(join)과 떠남(leave)에 대한 다양한 기법은 논외로 한다.

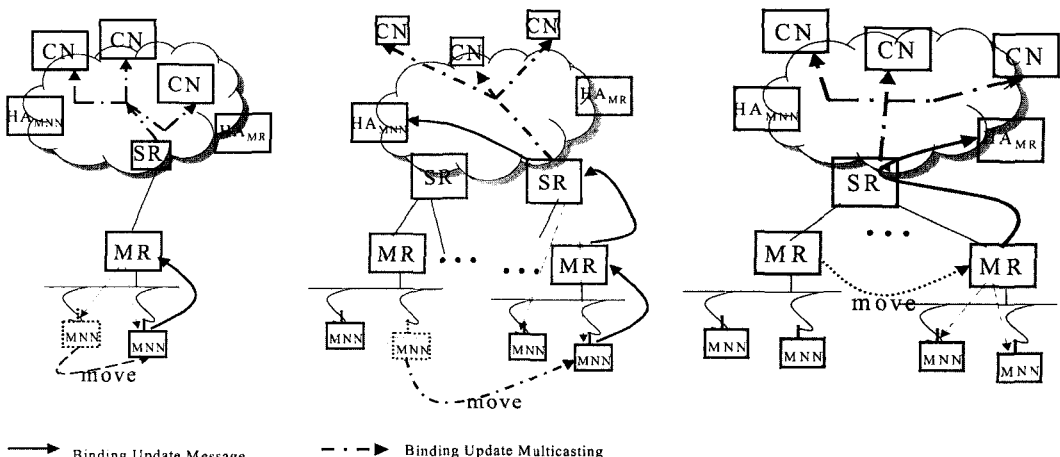
3.2 바인딩 갱신 절차에 대한 제안 기법

이동네트워크노드가 새로운 서브넷로 이동하면 이동네트워크노드는 IPv6 주소 자동 구성에(IPv6 Address Auto-Configuration) 의해 새로운 COA<sub>mnn</sub>를 (Care-Of-Address) 갖게 되며 새로운 이동라우터에 연결된다. 제안하는 시스템 구조는 이동네트워크노드와 이동라우터의 이동성을 고려하여 그림 3에서와 같이 세 가지로 분류하였다. 그림 3(a)는 이동네트워크노드가 이동라우터 내에서 움직이는 경우이며, 그림 3(b)는 이동네트워크노드가 자신의 이동라우터를 벗어나 다른 이동라우터로 움직이는 경우이며 그림 3(c)는 이동라우터가 움직이는 경우를 나타낸다. 또한 우리는 본 논문에서 각각의 경우에 따른 바인딩 갱신 절차를 제안하였다.

이동네트워크노드는 자신의 라이프타임  $T_m$ 과 이동라우터의 라이프타임  $T_s$ 의 두 개의 라이프타임을 가진다. 이러한 바인딩 갱신 메시지에 포함되어있는 라이프타임은 0에 도달할 때까지 감소되며, 0이 되어도 CN들의 캐시정보를 삭제하지는 않는다. 이동라우터의 라이프타임은 이동노드의 라이프타임보다 같거나 길게 설정되어야 한다(즉,  $T_m \leq T_s$ ). 이동라우터 내에 있는 이동네트워크노드의 이동성은 아래와 같은 경우로 분류될 수 있으며, 이에 대한 위치관리를 위한 제안기법은 다음과 같다.

case 1 이동네트워크노드가 이동라우터 안에서 움직이거나, 이동네트워크노드 라이프타임의 만료직전

1) 이동네트워크노드는 바인딩 갱신 메시지 BU<sub>a</sub>를 이



(a) 이동라우터내에서의 움직임

(b) 다른 이동라우터로의 움직임

(c) 이동라우터의 움직임

그림 3 제안하는 시스템 구조

동라우터에게 보낸다.

바인딩 갱신 메시지  $BU_a$ 에는 이동노드의 홈 주소, COA, 라이프타임으로  $\{MNN_{IP}, COA_{MNN}, COA_{MR}, T_m\}$ 을 포함하고 있다.

- 이동라우터는  $BU_a$ 의 내용으로 유지하던 이동노드의 정보를 수정하고  $BU_a$ 에 대한 응답 BA(BA: Binding Acknowledgement)을 보낸다.

**case 2** 이동네트워크노드가 다른 이동라우터로 이동하는 경우

- 이동네트워크노드는 바인딩 갱신 메시지  $BU_b$ 를 새로운 이동라우터에게 보낸다.
- 이동네트워크노드는 바인딩 갱신 메시지  $BU_b$ 를 자신의 홈 에이전트에게 보낸다. 바인딩 갱신 메시지  $BU_b$ 는  $\{MNN_{IP}, MR_{IP}, COA_{MNN}, COA_{MR}, T_s, T_m, MNN$ 의  $CN_{1IP}, MNN$ 의  $CN_{2IP}, MNN$ 의  $CN_{nIP}\}$ 을 포함하고 있다.
- 이동라우터는  $BU_b$ 의 내용을 이용하여 이동네트워크노드의 정보를 생성하고  $BU_b$ 에 대한 응답인 BA를 이동네트워크노드에게 보낸다.
- 홈 에이전트는  $BU_b$ 의 정보로 캐싱 정보를 수정하고  $BU_b$ 에 대한 응답 BA를 이동네트워크노드에게 보낸다.
- 이동라우터는  $COA_{MNN}$ 를  $MCOA_{MNN}$ 으로 주소를 맵핑하고, 바인딩 갱신 메시지  $BU_c$ 를 이동 네트워크노드의 CN들에게 Stationary Router(SR)를 통하여 멀티캐스팅한다. 바인딩 갱신 메시지  $BU_c$ 는  $\{MNN_{IP}, MR_{IP}, COA_{MNN}, COA_{MR}, T_s, T_m\}$ 을 포함하고 있다. CN들은 이동네트워크노드의 정보를  $BU_c$ 의 내용으로 생성하거나 수정한다.

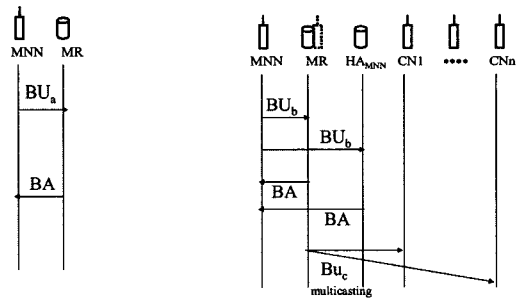
**case 3** 이동라우터의 라이프타임  $T_s$ 가 만료되기 직전인 경우나 이동라우터가 이동한 경우

- 이동라우터는 바인딩 갱신 메시지에 (R) flag를 설정하여, 바인딩 갱신 메시지  $BU_d$ 를 SR를 통하여 이동라우터의 홈 에이전트에게 보낸다.  $BU_d$ 는  $\{MR_{IP}, COA_{MR}, MNN1_{IP}, MNN2_{IP}, \dots, MNN_{nIP}, T_s, T_m, CN_{1IP}, CN_{2IP}, CN_{nIP}\}$ 을 포함하고 있다.
- 이동라우터의 홈 에이전트는 바인딩 갱신 메시지  $BU_d$ 의 내용으로 유지하고 정보를 수정하거나 생성하고  $BU_d$ 에 대한 응답인 BA를 이동라우터에게 보낸다.
- 이동라우터는 연결되어 있는 모든 이동네트워크노드들에게 브로드캐스팅 기법을 사용하여 바인딩 갱신 메시지  $BU_e$ 를 보낸다.  $BU_e$ 는  $\{MR_{IP}, COA_{MR}, T_s\}$ 을 포함한다.
- 이동네트워크노드들은 바인딩 갱신 메시지  $BU_d$ 의 내용으로 유지하던 정보를 수정한다.

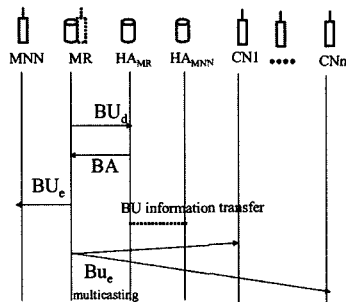
- 이동라우터의 홈 에이전트는 바인딩 갱신 메시지  $BU_d$ 에 의해 이동네트워크노드의 홈 에이전트를 인식한 후 그 주소로  $BU_e$ 를 전달(forward)한다.

- 이동라우터는  $COA_{MNN}$ 를  $MCOA_{MNN}$ 으로 주소를 맵핑하고, 바인딩 갱신 메시지  $BU_e$ 를 이동 라우터와 CN들에게 Stationary Router(SR)를 통하여 멀티캐스팅한다. CN들은 이동네트워크노드의 정보를  $BU_e$ 의 내용으로 생성하거나 수정한다. 만일 네트워크가 멀티캐스트를 지원하지 않는다면, 이동라우터가 CN들에게 전송하는 바인딩갱신 멀티캐스트는 이동라우터에서 CN들 각각에게 유니캐스트(unicast)를 통하여 전송된다. 그림 4는 위의 설명에 대해 그림으로 간단히 나타낸 것이다. [15]와 같이 바인딩 갱신에 대한 비용 계산을 위해 아래와 같은 변수들을 사용한다.

$C_{mr}$  : MNN과 MR 사이의 위치갱신을 위한 전송비용  
 $C_{m/mn}$  : MNN과 MNN의 HA 사이의 위치갱신을 위한 전송비용  
 $C_{mr}$  : MR과 MR의 HA 사이의 위치갱신을 위한 전송비용



$BU_a = \langle MNN_{IP}, COA_{MR}, MNN1_{IP}, MNN2_{IP}, \dots, MNN_{nIP}, T_s, T_m, CN_{1IP}, CN_{2IP}, CN_{nIP} \rangle$   
 $BU_b = \langle MNN_{IP}, COA_{MNN}, COA_{MR}, T_s, T_m, MNN$ 의  $CN_{1IP}, MNN$ 의  $CN_{2IP}, MNN$ 의  $CN_{nIP} \rangle$   
 $BU_c = \langle MNN_{IP}, COA_{MNN}, MR_{IP}, COA_{MR}, T_s, T_m, MNN$ 의  $CN_{1IP}, MNN$ 의  $CN_{2IP}, MNN$ 의  $CN_{nIP} \rangle$



(c) 바인딩 라이프타임  $T_s$  만료직전이나 or MR의 움직임이 발생했을 때  
 $BU_d = \langle MR_{IP}, COA_{MR}, MNN1_{IP}, MNN2_{IP}, \dots, MNN_{nIP}, T_s, T_m, CN_{1IP}, CN_{2IP}, CN_{nIP} \rangle$   
 $BU_e = \langle MR_{IP}, COA_{MR}, T_s \rangle$

그림 4 제안하는 바인딩 갱신 절차

$C_{rc}$  : MR과 CN 사이의 위치갱신을 위한 전송비용  
 $U_{mn}$  : MNN에서 위치갱신을 위한 수행 비용  
 $U_{mr}$  : MR에서 위치갱신을 위한 수행 비용  
 $U_{hmr}$  : MR의 HA에서 위치갱신을 위한 수행 비용  
 $U_{hmn}$  : MNN의 HA에서 위치갱신을 위한 수행 비용

이동네트워크노드가 이동라우터 안에서 움직이는 경우를  $C_{mn\_in\_move}$ 라하고, 이동네트워크노드가 다른 이동라우터로 이동하는 경우를  $C_{mn\_out\_move}$ 라하며, 이동라우터가 움직이는 경우를  $C_{mr\_move}$ 라고 한다. 무선통신망의 통신비용이 유선통신망의 통신비용보다 높기 때문에 [15], 유선과 무선통신망사이의 통신비용의 차이를 구별하기 위해  $\rho$ 를 사용하여 비율을 고려한다( $\rho$ 는 네트워크에 의존적이며  $\rho > 1$ 이다). 유선통신망의 통신비용을  $\delta$ 라하고, 무선통신망의 전송비용은  $\delta\rho$ 라 한다.

Multicast Listener Discovery(MLD) 프로토콜[16]은 IPv6 멀티캐스트라우터들에 의해 그룹의 멤버들을 인식하기(learn) 위해 사용되었다. 수집된 멀티캐스트 그룹 정보는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 위해 제공된다. 그러므로 우리가 제안한 기법에서의 멀티캐스트의 비용을 고려하기 위해  $\gamma$ 를 사용하였다. 또한  $C_{mr}$ ,  $C_{hmr}$ ,  $C_{hr}$  그리고  $C_{rc}$ 는 무선통신망이 되며, 이 경우는 가장 큰 통신비용을 갖는 경우가 된다. 라우터사이의 거리나 홉의 수는 바인딩 갱신 메시지 수나, 위치갱신 비용에 큰 영향을 미치지 않기 때문에[17], 본 논문에서는 고려하지 않았다. 하나의 이동라우터에 연결된 이동네트워크노드의 수를  $m$  이라고 한다. 우리는 위에서 제시한 각각의 경우에 대한 1회의 바인딩 갱신 비용은 계산해 낼 수 있다.

$$C_{mn\_in\_move} = 2\delta\rho + U_{mr} \quad (1)$$

$$C_{mn\_out\_move} = (4 + \gamma)\delta\rho + U_{mr} \cdot U_{hmn} \quad (2)$$

$$C_{mr\_move} = (4 + \gamma)\delta\rho + U_{hmr} + m \cdot U_{mn} \quad (3)$$

### 3.3 패킷 전송

홉 에이전트가 이동네트워크노드를 위한 패킷을 받을 때, 그 패킷을 IP-in-IP 터널을 사용하여 이동라우터에게 보낸다. 이동라우터는 이 패킷을 이동네트워크노드에게 보낸다(relay). 따라서 이 때의 패킷은 이동라우터의 홉 에이전트(HA<sub>MR</sub>)는 무시된다. 만일 네트워크로부터 받은 패킷의 근원지 주소가 이동라우터의 프리픽스(prefix)에 속해있다면, 이동라우터는 이동라우터의 홉 에이전트를 통해 그 패킷을 역-터널(reverse-tunnel)을 사용하여 전송한다. 이 역-터널링(reverse-tunnelling)은 IP-in-IP에 의해 수행된다. 이동라우터의 홉 에이전트는 이 패킷을 de-capsule 시켜서 CN들에게 전달한다(forward). [15]에서와 유사한 방법으로 우리는 패킷 전송에 소요되는 비용을 계산하였으며 이를 위해 사용

되는 변수들은 다음과 같다.

$D_{chn}$  : CN과 MNN's HA 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용

$D_{hr}$  : MNN의 HA와 MR 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용

$D_{rm}$  : MR과 MNN 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용

$D_{cn}$  : CN과 MNN 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용

$D_{chn}$  : CN과 MNN's HA 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용

$V_{hmn}$  : MNN's HA에서 패킷 전송을 위한 수행 비용

$V_{mr}$  : MR에서 패킷 전송을 위한 수행 비용

$\lambda_a$  : 첫 번째 패킷이 도착한 후 MNN에 패킷이 도착하는 비율

$\tau_D$  : 패킷전송을 위한 확률적인 상수

$\tau_h$  : MNN의 HA에서 패킷전송 비용 상수

$\tau_r$  : MR에서 패킷전송을 위한 수행비용 상수

라우터사이의 홉의 수나 거리는 바인딩 갱신 메시지의 수나 비용에 많은 영향을 주지는 않기 때문에[17], 패킷 전송 (delivery)을 위한 전송 비용을 상수  $\tau_D$ 라 한다. 무선상의 전송비용이  $\sigma\rho$ ,  $D_{hr}$ ,  $D_{chn}$ ,  $D_{rm}$ , 그리고  $D_{cn} = \sigma\rho \cdot \tau_D$ . 또한  $\tau_h$ ,  $\tau_r$ 들은 각각 이동네트워크라우터의 홉 에이전트와 이동라우터의 바인딩 캐시의 lookup 시간을 위한 패킷전송 수행 상수들이다. 그러므로  $V_{hmn}$ 과  $V_{mr}$ 은  $V_{hmn} = \tau_h \cdot \lambda_a$ , 그리고  $V_{mr} = \tau_r \cdot \lambda_a$  우리는 첫 번째 패킷이 도착했을 때의 패킷 전송비용을  $C_{pd1}$ , 첫 번째 이후의 패킷이 도착했을 때의 패킷 전송비용을  $C_{pd2}$ -이라 한다. 우리는 주어진 시간 동안의 패킷 전송 비용  $C_{pd\_propose}$ 를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$C_{pd1} = 3 \cdot \sigma\rho\tau_D + (\tau_n + \tau_r + \tau_h) \cdot \lambda_a$$

$$C_{pd2} = \rho\sigma\tau_D$$

$$C_{pd\_propose} = C_{pd1} + C_{pd2} \quad (4)$$

## 4. 성능 분석

### 4.1 제안기법의 바인딩 갱신 비용분석 모델

본 논문에서는 제안한 기법의 바인딩 갱신 비용을 분석하기 위해 이동네트워크노드가  $n$ 개의 위치등록영역으로 나누어진 경로  $R$ 상에서 이동한다고 가정한다. 이동 경로  $i$  번째인  $R_i$ 에서의 이동네트워크노드의 상주시간을  $T_{R_i}$ 로 나타내며, 모든  $i$ 에 대해서 이동네트워크노드의 상주시간  $T_{R_i}$ 는 평균  $\frac{1}{\lambda}$ 을 갖는 지수분포를 따른다고 가정한다.  $T_{R_0} = 0$ 라고 가정한다. 위치등록영역안의 이동라우터의 바인딩 라이프타임을  $T_s$ , 이동네트

워크노드의 바인딩 라이프타임은  $T_m$ 로 나타낸다.

$T_{R_i}$ ,  $T_s$ ,  $T_m$ 들과의 관계는  $T_{R_i} \geq T_s \geq T_m$  ( $1 \leq i \leq n$ )이며  $T_{R_i} < T_s < T_m$ 의 경우는 바인딩 갱신이 발생되지 않으므로 분석 모델에서는 제외한다.  $T_s = \alpha \cdot T_m$  (단,  $\alpha \geq 1$ ),  $T_{R_i} = \beta_i \cdot T_s$  (단,  $\beta_i \geq 1$ )라고 가정한다. 이동경로  $R_i$ 내에서 이동라우터의  $j$ 번째의  $T_s$  구간을  $T_{S_{ij}}$ 로 표시한다. (단,  $j \geq 0$ ) 즉,  $\sum_{i=0}^{n-1} T_{R_i} + T_s \leq T_{S_n}$  <  $\sum_{i=0}^{n-1} T_{R_i} + j \cdot T_s$  이다. 이동라우터의 바인딩 라이프타임인  $T_{S_n}$ 내에서의  $k$ 번째  $T_m$ 구간을  $T_{m_{ka}}$ 로 표시한다. 즉,  $T_{S_n}$ 내에서  $(k-1) \cdot T_m \leq T_{m_{ka}} < k \cdot T_m$  이다. 이동네트워크노드가 경로  $R$ 을 이동하는 데 걸리는 시간에 대한 도식은 그림 5와 같이 나타낼 수 있다.

그림 5에서 나타낸 바와 같이  $T_R = \sum_{i=1}^n T_{R_i}$ ,  $T_{R_i} = \sum_{j=1}^{k_i} T_{S_{ij}}$ ,  $T_{S_{ij}} = \sum_{a=1}^{k_{ij}} T_{m_{ija}}$ 가 된다. 비용분석을 위해 이동네트워크노드 M이 이동경로  $R_i$ 상의 임의의 이동라우터 안에서 바인딩 라이프타임인  $T_s$ 값을 갖고 상주하고 있는 때를 초기상태라고 가정한다.  $R_i$ 에서 이동네트워크노드 M의 상주시간  $T_{R_i}$ 를 랜덤변수 (random variable)  $X$ 로 나타낼 때, 위에서 가정한바와 같이,  $X$ 는 평균  $\frac{1}{\lambda}$ 을 갖는 지수분포를 따르므로 이동영역  $R_i$ 안에서 이동네트워크노드 M이  $t$ 이하의 시간동안 상주할 확률의 누적분포함수(Cumulative Density Function)  $F_i(t)$ 은 아래와 같다.

$$F_i(t) = P(X \leq t) = \int_{x=0}^t \lambda \cdot e^{-\lambda x} dx$$

4.1.1 주어진 이동라우터안에서 이동네트워크노드의 움직임에 의한 바인딩 갱신 비용 분석 모델

이동경로  $R_i$ 상의 이동라우터의  $j$ 번째 바인딩 라이프타임 구간내에서 이동네트워크노드 M이  $k$ 번째 바인딩 라이프타임 구간동안에 ( $k \geq 1$ ) 상주할 확률을  $P(k-1, k)$ 라 한다. 이동경로  $R_i$ 에서 이동라우터의  $j$ 번째 바인딩 라이프타임 구간내에 상주하고 있는 이동네트워크노드 M이  $k$ 번째 바인딩 라이프타임 구간을 초과하기 전에 발생시킨 이동네트워크노드 M에 의한 바인딩 갱신 메시지 횟수는  $k-1$ 이 된다. 이동네트워크노드 M이 이동라우터의  $j$ 번째 바인딩 라이프타임 구간내에서 발생시키는 평균 위치갱신 횟수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot P(k-1, k) \\ &= (e^{-\lambda T_m} + (e^{-\lambda T_m})^2 + \dots + (e^{-\lambda T_m})^{\alpha-1}) \cdot P(0, 1) \\ &= \sum_{i=0}^{\alpha-1} (e^{-\lambda \cdot T_m})^i \cdot P(0, 1) \\ &= e^{-\lambda \cdot T_m} \cdot (1 - (e^{-\lambda \cdot T_m})^{\alpha-2}) \end{aligned}$$

하나의 이동라우터안에서 이동하는 이동네트워크노드 M의 바인딩 갱신 비용은 3.2절의 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 따라서 하나의 이동라우터 안에서의 이동네트워크노드 M의 위치 갱신에 의한 평균 총 비용  $C_{bu, mn, in}$ 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_{bu, mn, in} &= \sum_{i=0}^{\alpha-1} k \cdot P(k-1, k) \cdot \text{binding update cost} \\ &= e^{-\lambda \cdot T_m} (1 - (e^{-\lambda \cdot T_m})^{\alpha-2}) \cdot C_{mn, in, move} \end{aligned} \tag{5}$$

4.1.2 주어진 이동라우터안에서 상주 후 다른 이동라우터로의 이동에 의한 바인딩 갱신 비용 분석 모델

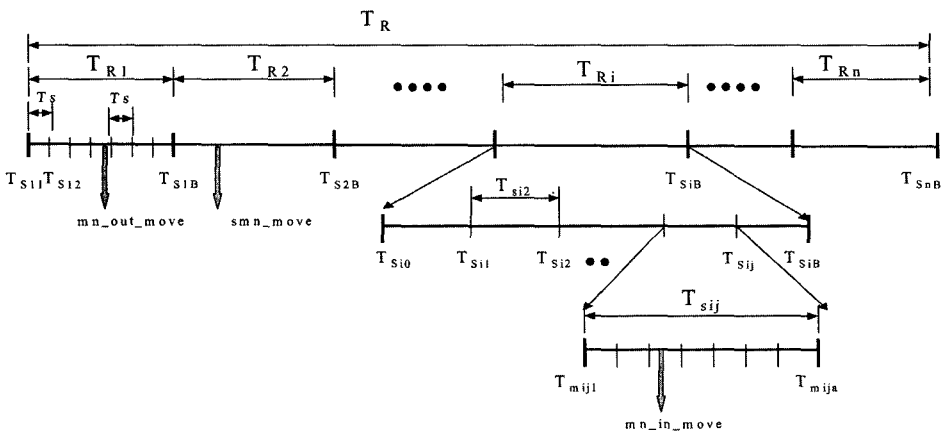


그림 5  $T_m$ ,  $T_s$ , 그리고  $T_R$  사이의 연관성

이동네트워크노드 M이 이동경로  $R_i$  상의 이동라우터의  $j$  번째 바인딩 라이프타임 구간 내에 있다고 가정한다. 이동네트워크노드 M이  $k$  번째 바인딩 라이프타임 구간 내에서 ( $k \geq 1$ ) 다른 이동라우터로 이동할 확률을  $Q(j, k-1, k)$ 라 한다. 이동경로  $R_i$  상의 이동라우터의  $j$  번째 바인딩 라이프타임 구간내의 이동네트워크노드 M이  $k$  번째 바인딩 라이프타임을 초과하기 전에 다른 이동라우터로 이동함으로써 발생시킨 바인딩 갱신 메시지 횟수는  $(k-1)$ 이 된다. 따라서 이동네트워크노드 M이 이동라우터의  $k$  번째 바인딩 라이프타임 구간 내에서 다른 이동라우터로 이동함으로써 발생하는 평균 위치갱신 횟수는 다음과 같이 표현할 수 있다(appendix A 참조).

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^{j-1} (k-1) \cdot Q(j, k-1, k) \\ &= \sum_{k=0}^{j-1} (k-1) \cdot e^{-\lambda \cdot (k-1) \cdot T_m} \cdot Q(j, k-1, k) \\ &= e^{-\lambda \cdot T_s} * (1 - (e^{-\lambda \cdot T_m})^{j-2}) \end{aligned}$$

이동경로  $R_i$  상의 이동라우터의  $j$  번째 바인딩 라이프타임 구간에 있는 바인딩 라이프타임인  $T_m$ 을 갖는 이동네트워크노드 M이  $R_i$  상의 다른 이동라우터로 이동할 횟수를  $w$ 라 하면,  $T_m$ 에 대한 빈도수  $r = \frac{w}{\frac{T_{Ri}}{T_m}}$ 이며

4.1절의 가정에 의해  $T_{Ri} = \alpha \cdot \beta_i \cdot T_m$ 이므로  $r = \frac{w}{\alpha \cdot \beta_i}$ 가 된다. 이동네트워크노드 M이 이동라우터의  $k$  번째 바인딩 라이프타임 구간 내에서 다른 이동라우터로 이동함으로써 발생하는 이동네트워크노드 M의 바인딩 비용은 3.2절의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 따라서 이동라우터의  $j$  번째 바인딩 라이프타임 구간에 있는 이동네트워크노드 M이 다른 이동라우터로 이동에 의한 이동네트워크노드 M의 바인딩 갱신 메시지에 의한 위치 갱신 평균 총 비용  $C_{bu, mn, out}$  은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_{bu, mn, out} &= \sum_{k=1}^{j-1} Q(j, k-1, k) \cdot k \cdot frequency \cdot BindingUpdateCost \\ &= e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - (e^{-\lambda \cdot T_m})^{j-2}) \cdot \frac{w}{\alpha \cdot \beta_i} \cdot C_{mn, out, move} \end{aligned} \quad (6)$$

#### 4.1.3 이동라우터의 움직임에 대한 이동네트워크노드의 바인딩 갱신 비용 분석 모델

이동경로  $R_i$  상에서 이동라우터의  $j-1$  번째 바인딩 라이프타임 구간에서  $j$  구간으로 이동할 때, 이동네트워크노드 M이 바인딩 라이프타임  $T_m$ 으로 상주할 확률을  $R(j-1, j)$ 라 한다. 이동라우터가  $j-1$  번째 바인딩 라이프타임 구간에서  $j$  번째 바인딩 라이프타임구간으로 이

동할 때, 이 구간에서 발생하는 이동네트워크노드 M의 바인딩 갱신 메시지에 의한 위치갱신횟수는  $j-1$ 이 되고, 평균 위치갱신 횟수는 아래와 같다(appendix B 참조).

$$\sum_{j=1}^{\beta_i} (j-1) \cdot R(j-1, j) = e^{-\lambda \cdot T_s} * (1 - (e^{-\lambda \cdot T_s})^{\beta_i - 2})$$

이동경로  $R_i$  상의 이동라우터의  $T_s$ 의  $j-1$ 에서  $j$ 인 바인딩 라이프타임 구간으로 이동할 경우, 이 구간에서 발생하는 이동네트워크노드 M의 바인딩 비용은 3.2절의 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 따라서 이동라우터의 움직임에 의해 이동네트워크노드 M이 발생하는 바인딩 갱신 메시지에 의한 위치 갱신에 대한 평균 총 비용  $C_{bu, mr}$ 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_{bu, mn, out} &= \sum_{j=1}^{\beta_i - 1} j \cdot R(j-1, j) \cdot BindingUpdateCost \\ &= e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - (e^{-\lambda \cdot T_s})^{\beta_i - 2}) \cdot C_{mr, mxe} \quad (7) \end{aligned}$$

본 논문의 제안기법에서 이동경로  $R_i$  안에서 이동네트워크노드 M의 바인딩 갱신 메시지에 의한 위치갱신의 평균 총 비용을  $C_{bu, proposed}$ 라 할 때 다음과 같다.

$C_{bu, proposed} = C_{bu, mn, in} + C_{bu, mn, out} + C_{bu, mr, out}$  (8)  
따라서 우리의 제안기법의 총 시그널링 비용은 식 (4)와 (8)에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{tot, proposed} = C_{bu, proposed} + C_{pd, proposed} \quad (9)$$

#### 4.2 이동네트워크노드의 라이프타임 설정 모델

우리의 제안모델은 3.1절에서 설명한 바와 같이 이동네트워크노드의 바인딩 갱신 메시지에 포함하는 라이프타임을 길게 주는 것이 가능해진다. 따라서 식 (8)에서 정의된 이동경로  $R_i$ 에서의 이동네트워크노드 M의 바인딩 갱신 메시지에 의한 위치등록에 대한 평균 총 비용인  $C_{bu, proposed}$ 을 최소화하는 이동네트워크노드의 라이프타임인  $T_m$ 값의 설정한다.

식 (1),(2),(3)에서  $U_{mn} = U_{mr} = U_{hsn} = U_{hmn}$ 이며,  $\psi$ 으로 표현한다면  $C_{mn, in, move} = 2\delta\phi + \psi$ ,  $C_{mn, out, move} = 2C_{mn, in, move} + 4\delta\phi\gamma$ ,  $C_{mr, move} = C_{mn, in, move} + (2\delta + \gamma)\delta\phi + m\phi$ 가 된다. 여기서,  $T_s = \alpha \cdot T_m$  (단,  $\alpha > 1$ )이고,  $A = e^{-\lambda \cdot T_m}$ 으로 한다. 따라서 식 (8)은 아래와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} C_{bu, proposed} &= A \cdot (1-A)^{(\alpha-2)} \cdot C_{mn, in, move} \\ &+ A^\alpha \cdot (1-A)^{(\alpha-2)} \cdot \frac{w}{\alpha \cdot \beta} \cdot (2 \cdot C_{mn, in, mxe} + 4\delta\phi\gamma) \\ &+ A^\alpha \cdot (1-A)^{\alpha \cdot (\beta_i - 2)} \cdot (C_{mn, in, move} + (2\delta + \gamma)\delta\phi) \\ &+ m\psi \end{aligned} \quad (9)$$

$C_{mn, in, mxe} \geq 0$ ,  $\delta\phi \geq 0$ ,  $\psi \geq 0$ ,  $\beta_i > 1$ , 그리고  $w > 0$ 이며, 상수 값으로 표현된다. 식 (9)는  $\alpha$ 에 의해 영향을 받으며,  $\alpha = 2$ 인 때 최소가 됨을 알 수 있다. 따라서  $T_s = 2 \cdot T_m$



일 때 최적의  $C_{bu\_proposed}$  값을 가진다. 따라서 이동네트워크 노드 M의 최적의 바인딩 라이프타임  $T_m = \frac{1}{2} \cdot T_s$  임을 알 수 있다.

**4.3 HMIPv6와 NEMO에서의 위치 관리 비용 분석 모델**

이동네트워크노드의 바인딩 갱신은 다른 서브넷으로 이동했거나, 이동네트워크노드의 라이프타임의 만료직전에 일어난다. HMIPv6와 NEMO 프로토콜에서의 위치 관리는 그림 6의 (a)와 (b)로 나타낼 수 있다. CN들의 수를  $c$ 라고 하며, 3.3절에서와 같은 방법으로 바인딩 갱신을 위한 비용 계산을 할 수 있으며 다음은 이를 위해 사용된 변수들을 나타낸다.

- $C_{mp}$  : MN과 MAP 사이의 위치갱신을 위한 전송비용
- $C_{phn}$  : MAP과 MN의 HA 사이의 위치갱신을 위한 전송비용
- $C_{mc}$  : MN과 CN 사이의 위치갱신을 위한 전송비용
- $C_{ch}$  : CN과 HA 사이의 위치갱신을 위한 전송비용
- $U_{map}$  : MAP에서 위치갱신을 위한 수행 비용
- $D_{ch}$  : CN과 HA 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용
- $D_{hp}$  : MN' HA와 MAP 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용
- $D_{pm}$  : MAP과 MN 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용
- $D_{cm}$  : CN과 MN 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용
- $D_{hm}$  : HA과 MN 사이의 패킷 전송을 위한 전송 비용
- $l_{phn}$  : MAP과 MN's HA사이의 평균거리
- $V_{map}$  : MAP에서 패킷 전송을 위한 수행 비용
- $\tau_p$  : MAP에서 패킷전송을 위한 수행비용 상수

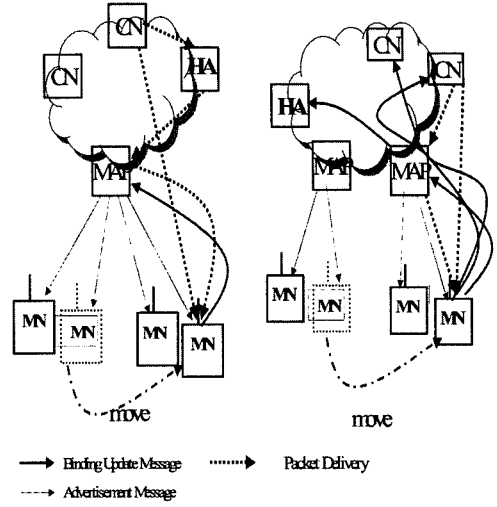
HMIPv6 프로토콜에서 만일 이동노드가 MAP안에서 이동할 확률을  $P$ 라 하고, 4.1절에서 이동라우터안에서 이동네트워크노드가 움직일 확률과 같다고 가정한다. 이동노드가 MAP를 벗어날 확률은  $(1-P)$ 가 되고 바인딩 갱신 비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 C'_{mn\_in\_move} &= 2\delta\rho + U_{map} \\
 C'_{mn\_out\_move} &= (2 + c)\delta\rho + 2 l_{phn} \delta + U_{map} + U_{hmr} \\
 C_{bu\_hmip} &= e^{-\lambda \cdot T_m} (1 - (e^{-\lambda \cdot T_m})^{a-2}) C'_{mn\_in\_move} \\
 &+ (1 - e^{-\lambda \cdot T_m} (1 - (e^{-\lambda \cdot T_m})^{a-2})) C'_{mn\_out\_move} \quad (10)
 \end{aligned}$$

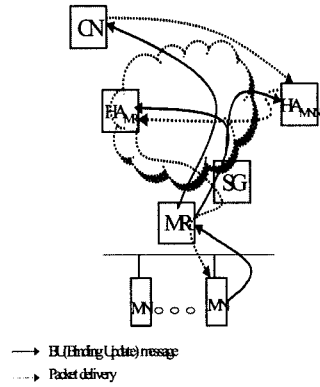
3.3절과 유사하게 우리는 HMIPv6 프로토콜에서의 패킷 전송 비용을 계산할 수 있으며 주어진 시간동안의 패킷 전송 비용,  $C_{pd\_hmip}$  은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 C'_{pd1} &= (2\rho + l_{phn}) \cdot \sigma \tau_D + (\tau_p + \tau_h) \cdot \lambda_a \\
 C'_{pd2} &= \rho \sigma \tau_D \\
 C_{pd\_hmip} &= C'_{pd1} + C'_{pd2} \quad (11)
 \end{aligned}$$

그러므로 우리는 HMIPv6 프로토콜에서의 위치관리를 위한 총 시그널링 비용을 식 (10)과 (11)에 의해 다



(a) HMIPv6 프로토콜



(b) NEMO 프로토콜

그림 6 HMIPv6와 NEMO에서의 위치관리기법

음과 같이 구할 수 있다.

$$C_{tot\_hmip} = C_{bu\_hmip} + C_{pd\_hmip} \quad (12)$$

NEMO 프로토콜에서의 바인딩 갱신 비용과 패킷 전송 비용을 각각  $C_{bu\_nemo}$ ,  $C_{pd\_nemo}$  라 하자.

$$\begin{aligned}
 C''_{mr\_move} &= (1+c+m)\delta\rho + U_{hmr} + U_{mr} + U_{hmn} \\
 C''_{mn\_in\_move} + C''_{mn\_out\_move} &= (2 + c + m)\delta\rho + U_{hmr} \\
 &+ U_{mr} + U_{hmn} \\
 C_{bu\_nemo} &= (e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - (e^{-\lambda \cdot T_s})^{\beta_i-2})) C''_{mr\_move} \\
 &+ (1 - ((e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - (e^{-\lambda \cdot T_s})^{\beta_i-2}))) \\
 &\cdot (C''_{mn\_in\_move} + C''_{mn\_out\_move})) \quad (13)
 \end{aligned}$$

$$C_{pd\_nemo} = (l_{hmr} + l) \cdot \tau_D + (\tau_r + \tau_h) \cdot \lambda_a \quad (14)$$

따라서 NEMO 프로토콜에서의 위치관리를 위한 총 시그널링 비용은

$$C_{tot\_nemo} = C_{bu\_nemo} + C_{pd\_nemo} \quad (15)$$

4.4 바인딩 갱신비용에 대한 비교분석

우리는 제안한 기법에 대해 이동네트워크노드의 CN 수, 이동네트워크노드들의 수, 이동네트워크노드의 이동성 그리고 시간의 경과에 따른 이동네트워크노드의 바인딩 갱신 비용을 MATLAB을 사용하여 계산하고 HMIPv6와 NEMO와 비교하였다. 본 논문에서는 [15]에서의 성능분석을 위해 사용한 변수들을 참조하여, 표 2에 열거된 바와 같은 변수들을 사용하고 있다.

위 표에서  $m$ 은 이동네트워크노드들의 수를 나타내며,  $N$  이동네트워크노드가 움직이는 경로의 최대 수를 나타내고,  $c$ 는 이동네트워크노드의 CN들의 최대 수를 나타내며,  $a$  와  $\beta$ 는 주어진 임의의 경로 상에서 하나의 이동라우터 안에서 상주하는 동안 이동네트워크노드의 갱신 횟수와 이동라우터의 갱신 횟수를 각각 나타낸다. 또한  $\rho$ 는 유선과 무선통신망사이의 통신비용의 차이를 구별하기 위한 변수이며  $U_{mn}$ ,  $U_{mr}$ ,  $U_{hmr}$  그리고  $U_{hmn}$ 은 각각 이동네트워크노드, 이동라우터, 이동라우터의 홈 에이전트 그리고 이동네트워크노드의 홈 에이전트에서의 위치갱신 수행비용을 의미한다.  $\gamma$ 는 네트워크 안에서의 멀티캐스트 비용을 의미한다. 우리는 이동네트워크노드의 CN들에게 바인딩 갱신 메시지를 전달할 때 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에는 DVMRP, PIM-DM, 그리고 CBT등과 같은 많은 기법들이 있다. 그러나 본 논문에서는 이러한 기법들에 대한 자세한 알고리즘은 논외로 하였으나, 우리의 제안 기법은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과 join-

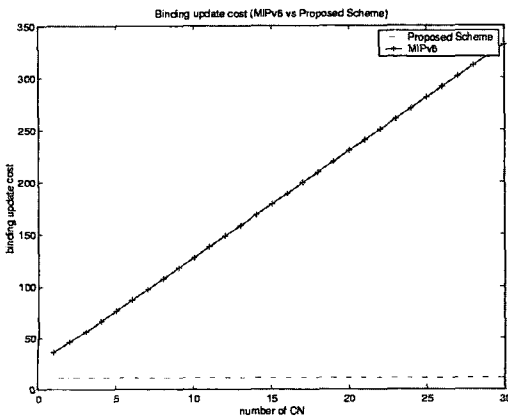
ing, leaving과 멤버쉽 관리 기법, 그리고 그룹에 데이터를 보내는 방법들에 의해 많은 영향을 받는다. 따라서 멀티캐스트 기법에 의한 우리의 제안 기법의 성능 분석에서 멀티캐스트 기법들에 따른 비용에 대한 영향을 알아보기 위하여, 멀티캐스트 비율(ratio),  $\gamma$ 을 1, 0.5, 0.2, 0.1로 변화시켰다. 먼저, 이동네트워크노드의 CN들의 수를 1~30까지 증가시키면서 이동네트워크노드의 바인딩 갱신 비용을 계산하였다.

그림 7(a)와 같이 제안한 기법에서 멀티캐스트라우터가 지원되는 경우, 이동네트워크노드의 CN들의 수의 증가에 거의 영향을 받지 않는 일정한 값으로 유지되므로, 기존의 HMIPv6와 NEMO과 우리의 제안기법을 비교할 때 이동네트워크노드의 CN들의 수가 많아질수록 바인딩 갱신 비용의 차이는 크게 벌어짐을 알 수 있다. HMIPv6 프로토콜의 MAP에 연결된 이동노드의 수, 그리고 NEMO와 우리의 제안 기법에서, 이동라우터에 연결된 이동네트워크노드의 수를 각각 1~20개까지 증가시키면서 이동네트워크노드의 바인딩 갱신 비용을 계산하였다. 그림 7(b)과 같이 제안한 기법에서는 이동네트워크노드의 수의 증가에도 거의 영향을 받지 않는 일정한 값으로 유지됨을 알 수 있다. 그림 8에서는 같이 멀티캐스트 비율이 클수록 제안 기법과 기존의 기법과의 바인딩 갱신 비용의 차이가 크게 벌어짐을 알 수 있다.

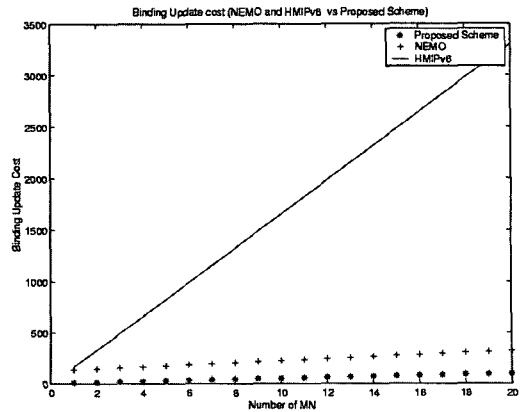
이동네트워크노드의 이동성에 따른 이동노드의 바인딩 갱신 비용을 분석하기 위해, 이동네트워크노드의 평균 상주시간인  $\frac{1}{\lambda}$ 값을 0.01과 0.03인 경우의 이동

표 2 성능 분석을 위한 변수들

packet process cost					wireless multiple	$N$	$\gamma$	$a$	$\beta$	$m$	$c$	$\delta$
$U_{mn}$	$U_{mr}$	$U_{hmr}$	$U_{hmn}$	$U_{map}$	$\rho$							
10	15	20	20	15	10	10	0.1-1	2	1-10	15	5	1



(a) CN 수의 증가



(b) MN 수의 증가

그림 7 바인딩 갱신 비용

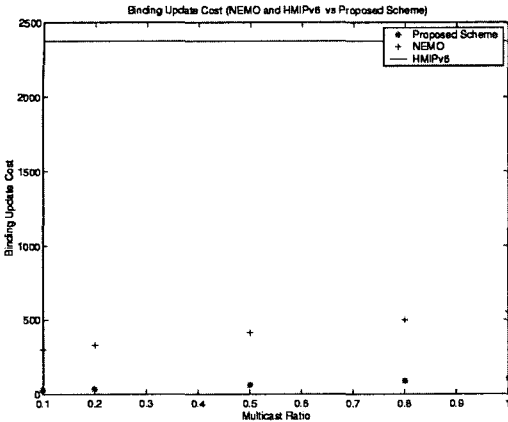


그림 8 멀티캐스트 비율에 따른 바인딩 갱신 비용

노드의 바인딩 갱신 비용을 변화시켰다.  $\lambda$ 값이 클 수록 이동노드의 이동성은 빈번해지는 데 그림 9(a)와 (b)에서와 같이 우리의 기법을 HMIPv6와 NEMO와 비교할 때  $\lambda=0.03$ 인 구간인 빈번한 이동네트워크노드의 움직임에서 더욱 효율적임을 알 수 있다. 또한 그림 10에서와 같이 이동네트워크노드에 대해 시간을 증가시킬 경우에도 일정한 바인딩 갱신 비용을 유지하고 있음을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서 우리는 Network Mobility 프로토콜에서 이동네트워크노드에 대해 2개의 라이프타임인 이동라우터의 라이프타임과 이동네트워크노드의 라이프타임을 고려하였다. 제안한 시스템 구성상에서 이동네트워크노드의 바인딩 갱신이 발생하는 경우들의 각각에 대해 위치갱신 기법을 제안하고, 각각의 경우에서 소요되는 위

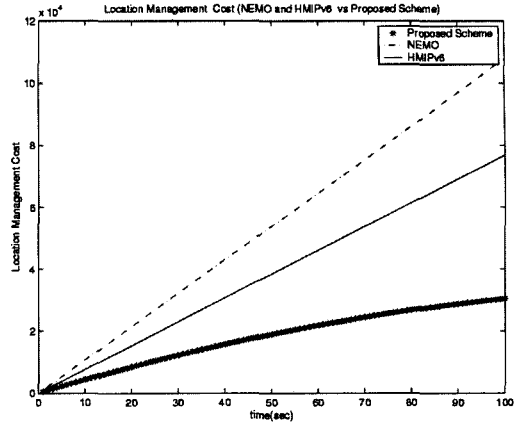
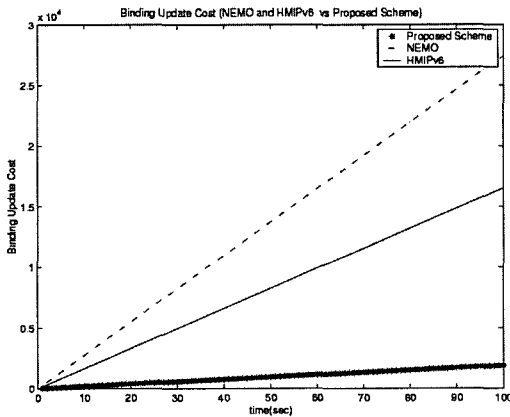


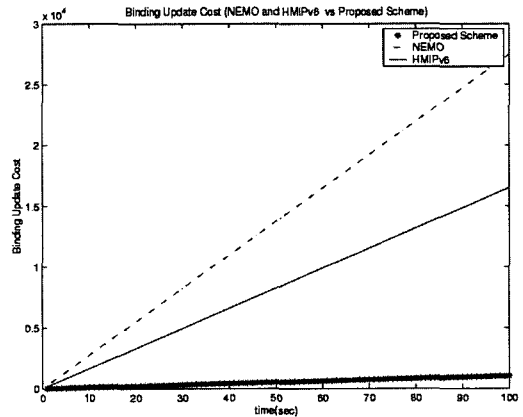
그림 10 위치관리를 위한 총 비용

치갱신 비용을 계산하였다. 우리의 제안기법에서는 이동네트워크노드의 CN들에 바인딩 갱신 메시지를 전달할 때, 멀티캐스트 기법을 적용함으로써 이동네트워크노드의 위치갱신 비용을 최소화하기 위한 기법을 제시하였다. HMIPv6와 NEMO 프로토콜의 기법에 의한 위치갱신 비용을 계산하여 우리의 제안기법과의 비교분석을 하였다.

우리의 제안 기법은 이동네트워크노드의 수의 증가에도 거의 영향을 받지 않는 일정한 값으로 유지되었으며, 이동네트워크노드가 위치 갱신 시에 이동네트워크노드의 CN들에게 전송하는 바인딩 갱신 메시지의 전송 기법에 멀티캐스트 기법을 적용하는 경우, CN들의 증가에도 거의 영향을 받지 않는 일정한 값을 유지하였다. 이동네트워크노드의 평균 상주시간이 지수분포를 따른다고 가정할 때, 이동네트워크노드의 이동성을 나타내는  $\lambda$ 값을 클 때, 즉 이동네트워크노드가 잦은 이동성을 가



(a)  $\lambda=0.01$



(b)  $\lambda=0.03$

그림 9 이동성에 따른 바인딩 갱신 비용

지는 경우에 우리의 제안 기법은 더욱 효율적이었다. 즉, 우리의 제안 기법은 이동네트워크노드의 수가 증가하거나, 이동네트워크노드의 CN들의 수가 많거나, 그리고 이동네트워크노드가 잦은 이동성을 가지는 경우에 효율적임을 알 수 있었다. 본 논문에서는 이동네트워크노드의 등록과 재등록시(re-registration)에 설정하는 바인딩 라이프타임에 최적 값을 제시하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] D. B. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in Pv6," *IETF(International Engineering Task Force) Internet Draft*, draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt, June 30, 2003.
- [2] The Internet Engineering Task Force.
- [3] H.soliman, C.Castelluccia, K. El-malki, and L. Beller, "Hierarchical MIPv6 mobility management (HMIPv6)," draft-ietf-mobileip-hmipv6-06.txt, July 2002.
- [4] C. Castelluccia, "HMIPv6: A hierachical mobile ipv6 proposal," *ACM Mobile Computing and Communication Review*, vol. 4, no. 1, pp.48-59, Jan. 2000.
- [5] E. Perkins, "Mobile-IP Local Registration with Hierarchical Foreign Agents," *Internet Draft-perkins-mobileip-hierfa-00.txt*, Feb. 1996.
- [6] Hideaki YUMIBA, Koji SASDA, and MASAMI YABUSAKI, "Concatenated Location Management," *IEICE Transaction Communication Vol. E85-B*, No. 10, pp. 2083-2089, 2002.
- [7] T. Ernst, H-Y. Lach, "Network Mobility Support Terminology," *Internet-Draft draft-ietf-nemo-terminology-01.txt*, Internet Engineering Task Force(IETF), February 16, 2004.
- [8] Thierry Ernst, Claude Castelluccia and Hong-Yon Lach, "Extending Mobile-Ipv6 with Multicast to Support Mobile Networks in Ipv6," *ECUMN'00*, Colmar France, October 2~4 2000.
- [9] Kwan-Wu Chin, Fachmin Foliato, Mohan Kumar, "ADS+ : An Efficient Binding Update Delivery Scheme Using IP Multicast," *Communications, 2002 ICC 2002 IEEE International Conference on*, Volume 4, 28 April~2 May 2002, pages 2043~2047.
- [10] Ahmed Helmy, Muhammad Jaseemuddin, Ganesha Bhaskara, "Multicast-based Mobility : A Novel Architecture for Efficient Micro-Mobility," *Selected Area in Communications, IEEE Journal on*, Vol. 22, Issue : 4, May 2004, pages 677~690.
- [11] S.E. Deering and D.R. Cheriton, "Multicast routing in datagram internetworks and extended LANs," *ACM Transactions on Computer Systems*, vol. 8, May 1990, pp. 85~110
- [12] S. Deering, D.Estrin, D.Farinacci, V.Jacobson, C.G. Liu, and L.Wei, "An architecture for wide-area multicast routing," in *SIGCOMM'94*, Aug. 1994, pp. 126~135.
- [13] A. Ballardie, P.Francis, and J.Crowcroft, "Core based trees(CBT):An architecture for scalable inter-domain multicast routing", in *SIGCOMM'93*, San Francisco 1993, pp. 85~95.
- [14] R.Hinden, S.Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture," *Internet Draft*, draft-ietf-ipngwg-addr-arch-v3-06.txt, July 2001.
- [15] Jiang Xie, Lan F. Akyildiz, "A Novel Distributed Dynamic Location Management for Minimizing Signaling Coasts in Mobile IP," *IEEE Transaction on Mobile Computing* vol, 1, No. 3, pp. 163-175, 2002.
- [16] S. Deering, W.Fenner, and B.Haberman, "Multicast Listener Discovery(MLD) for IPv6," *RFC 2710*. Oct. 1999.
- [17] Antoine Stephane, A.H Aghvami, "Fast Handover Schemes for Future Wireless IP Network:a Proposal and Analysis," pp. 2046-2050.
- [18] A.Conta and S. Deering, "Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification," *RFC 2473*, IETF December 1998.

## 부 록 A

$$\begin{aligned}
 Q(i,0,1) &= e^{-\lambda \cdot 0 \cdot T_m} \cdot (e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T_m})) \\
 Q(i,1,2) &= e^{-\lambda \cdot 1 \cdot T_m} \cdot (e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T_m})) \\
 &= e^{-\lambda \cdot 1 \cdot T_m} \cdot Q(i,0,1) \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 Q(i,\alpha-1,\alpha) &= e^{-\lambda \cdot (\alpha-1) \cdot T_m} \cdot (e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T_m})) \\
 &= e^{-\lambda \cdot (\alpha-1) \cdot T_m} \cdot Q(i,0,1) \\
 0 * Q(i,0,1) &= 0 * e^{-\lambda \cdot 0 \cdot T_m} \cdot (e^{-\lambda \cdot T_s} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T_m})) \\
 1 * Q(i,1,2) &= 1 * e^{-\lambda \cdot 1 \cdot T_m} \cdot Q(i,0,1) \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 (\alpha-1) * Q(i,\alpha-1,\alpha) &= (\alpha-1) * e^{-\lambda \cdot (\alpha-1) \cdot T_m} \cdot Q(i,0,1) \\
 \sum_{j=0}^{\alpha-1} j \cdot Q(i,j,j+1) &= (e^{-\lambda \cdot 0 \cdot T_m} + (e^{-\lambda \cdot T_m})^1 \\
 &\quad + (e^{-\lambda \cdot T_m})^2 + \dots + (e^{-\lambda \cdot T_m})^{\alpha-1}) \\
 &\quad * Q(i,0,1) \\
 &= \sum_{j=0}^{\alpha-1} (e^{-\lambda \cdot T_m})^j * Q(i,0,1) \\
 &= e^{-\lambda \cdot T_s} * (1 - (e^{-\lambda \cdot T_m})^{\alpha-2})
 \end{aligned}$$

## 부 록 B

$$\begin{aligned}
 R(0,1) &= 1 - e^{-\lambda \cdot T_s} \\
 R(1,2) &= e^{-\lambda \cdot T_s} * R(0,1) \\
 R(2,3) &= e^{-\lambda \cdot 2 \cdot T_s} * R(0,1)
 \end{aligned}$$

$$R(\beta_{i-1}, \beta_i) = e^{-\lambda \cdot (\beta_i - 1) \cdot T_s} * R(0, 1)$$

따라서  $k-1$ 에서  $k$ 사이에 발생하는 바인딩 갱신 메시지에 의한 위치 갱신 비용은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} 0 * R(0, 1) &= 0 * (1 - e^{-\lambda \cdot T_s}) \\ 1 * R(1, 2) &= 1 * e^{-\lambda \cdot T_s} * R(0, 1) \\ 2 * R(2, 3) &= 2 * e^{-\lambda \cdot 2 \cdot T_s} * R(0, 1) \\ &\vdots \\ &\vdots \\ (\beta_i - 1) * R(\beta_i - 1, \beta_i) &= (\beta_i - 1) * e^{-\lambda \cdot (\beta_i - 1) \cdot T_s} * R(0, 1) \\ \sum_{k=0}^{\beta_i} -1 * k * R(k, k+1) &= (e^{-\lambda T_s} + (e^{-\lambda T_s})^2 \\ &+ \dots + (e^{-\lambda T_s})^{\beta_i - 1}) * R(0, 1) \\ &= \sum_{k=0}^{\beta_i} -1 * (e^{-\lambda \cdot T_s})^k * R(0, 1) \\ &= e^{-\lambda \cdot T_s} * (1 - (e^{-\lambda \cdot T_s})^{\beta_i - 2}) \end{aligned}$$



김혜영

1988년 2월 숙명여자대학교, 이학사  
1993년 8월 숙명여자대학교, 이학석사  
2005년 2월 고려대학교 대학원 컴퓨터학과, 이학박사. 1989년 6월~1997년 4월 (주)현대전자 S/W연구소 선임연구원  
1997년 4월~1998년 1월 (주)현대정보기술 책임연구원. 2001년 3월~2004년 2월 청강문화산업대학 컴퓨터게임과 전임교수. 관심분야는 이동무선 네트워크, 분산컴퓨팅, P2P 네트워크, 네트워크 게임프로 그래밍, 이동무선 게임프로그래밍 등



송의성

1997년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 졸업 (이학사). 1999년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 대학원 졸업(이학석사). 1998년 3월 ~ 현재 고려대학교 기초과학연구소 연구원  
관심분야는 이동 컴퓨팅, 위치 관리 Mobile IP, 네트워크 이동성, 분산시스템 등



길준민

1994년 2월 고려대학교 전산학과, 이학사. 1996년 2월 고려대학교 대학원 전산학과, 이학석사. 2000년 8월 고려대학교 대학원 컴퓨터학과, 이학박사. 1998년 3월~2002년 9월 고려대학교 기초과학연구소, 연구원. 2001년 6월~2002년 5월 Univ. of Illinois at Chicago, Post-Doc. 2002년 10월~현재 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터, 선임연구원. 관심분야는 분산컴퓨팅, 인터넷 컴퓨팅, P2P 네트워크, 이동무선 네트워크, 그리드 컴퓨팅 등



황종선

1978년 Univ. of Georgia, Statistics and Computer Science 박사. 1978년 South Carolina Lander 주립대학교 조교수. 1981년 한국표준연구소 전자계산실 실장. 1995년 한국정보과학회 회장. 1982년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 교수  
1996년~현재 고려대학교 컴퓨터과학기술대학원 원장. 관심 분야는 알고리즘, 분산시스템, 데이터베이스, 이동컴퓨팅 등