

# IPv6 네트워크에서 이동 단말의 지역적 이동성 제공 방안

학생회원 전 흥 선\*, 정회원 우 미 애\*

## A Localized Mobility Support Scheme for Mobile Nodes in IPv6 Networks

Hone-Sun Jun\* *Student Member*, Miae Woo\* *Regular Member*

### 요 약

오늘날 무선 통신 기술의 급속한 발전과 이동 단말의 소형화, 고성능화가 실현됨에 따라 이동 중 데이터 통신이 가능하도록 하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 실시간 응용 프로그램의 사용이 늘어나면서, 이를 이동 단말에서 원활하게 제공받기 위해서는 이동 단말의 이동성을 효율적으로 관리하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 IETF에서 개발한 Mobile IPv6를 기반으로 지역적 이동성 기능을 제공하기 위하여 이동 노드의 기능을 강화한 방안을 제안하고 해석적 분석과 모의실험을 통하여 성능을 분석하였다. 본 논문에서 제안한 방안은 이동 단말이 외부 도메인 내에서 핸드오프 시 바인딩 메시지를 지역 내에서 처리하여 자신의 위치를 갱신하는 시간을 감소시킴으로써 Mobile IPv6보다 패킷 손실을 줄이고 TCP 처리율을 높임을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

With rapid advances in wireless communication technologies and with the advent of the smaller and high-performance mobile handsets nowadays, many researches are actively performed for providing seamless communications while mobile nodes are roaming around. As real-time application programs are more prevalent, it is very important to manage mobility of mobile nodes efficiently. In this paper, we propose a localized mobility support scheme that is based on the Mobile IPv6 by IETF. The proposed scheme enhances functionalities in mobile nodes and only uses signaling messages of Mobile IPv6. The performance of the proposed scheme is evaluated through analytical model and simulations. According to the results of the evaluation, the proposed scheme provides better performance than Mobile IPv6 in terms of packet losses and TCP throughput by localizing the binding update messages inside the foreign domain during handoffs and reducing binding update time.

### 1. 서 론

인터넷 사용자 환경이 유선 접속에서 점차 무선으로 접속하는 경우가 증가하면서 이동성에 대한 사용자의 요구가 늘어나게 되었다. 또한 3G 네트워크가 보급되면서 기존의 서킷 스위칭 방식에서 패킷 스위칭 방식으로 바뀌게 됨에 따라 앞으로 휴대

전화, PDA, 노트북등 인터넷에 연결될 수많은 이동 기기들을 수용하기 위해서는 더 많은 IP주소를 필요로 한다. 따라서 128 비트 주소 공간을 가지는 IPv6 도입의 필요성이 활발히 논의되고 있다. IPv6 네트워크에서 이동 호스트에 대한 지속적인 서비스를 지원하기 위하여 IETF에서는 Mobile IPv6<sup>[1]</sup>를 제안하였다. Mobile IPv6에서는 이동 노드 (Mobile

\* 세종대학교 정보통신공학과 (mawoo@sejong.ac.kr)

논문번호: #030351-0814, 접수일자: 2003년 8월 14일

\*\*본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R04-2001-000-00177-0) 지원으로 수행되었음

Node; MN)당 영구적인 IP 주소인 홈 주소와 일시적인 라우팅 가능 주소인 의탁주소 (Care-of Address; CoA)를 사용하고, 이 두 주소간의 매핑은 이동 노드의 홈 주소의 네트워크에 있는 홈 에이전트 (Home Agent; HA)가 저장해 놓는 방법을 사용한다.

무선 네트워크는 유선 네트워크 환경에 비해 대역폭이 상대적으로 적고 사용자의 이동성으로 인하여 빈번한 핸드오프가 발생하여, 패킷 손실이나 지연 증가 등으로 성능 저하를 야기하게 된다. Mobile IPv6에서는 이동 노드의 CoA를 홈 에이전트로 등록을 해야 하기 때문에 인터넷 백본망에 위치 갱신 메시지가 대량으로 발생하는 경우 네트워크에 부하를 유발하고, 이러한 메시지를 원격 노드로 전송하는 데서 야기되는 지연을 효율적으로 처리하지 못하는 문제점을 갖고 있다. 따라서 효율적인 사용자 이동성 관리는 다양한 서비스의 성공적인 확산을 위하여 필수적인 조건이다.

효율적인 사용자 이동성 관리의 일환으로 마이크로 이동성, 혹은 지역적 이동성 방안들이 제안되었다. 지역적 이동성 제공 방안들은 대부분 홈 에이전트에게 현재의 위치정보를 전달하는 대신, 이동 노드가 위치한 도메인 안으로 신호 전달을 제한한다. 이렇게 함으로써 인터넷 백본망으로 전달되는 트래픽을 줄이고, 신호 지연시간도 감소시킬수 있다. 지역적 이동성 방식들은 크게 다음과 같은 두 가지 범주로 나누어 볼 수 있다<sup>[2]</sup>.

- 프록시 에이전트 (proxy agent) 구조
- 지역적으로 개선된 라우팅 방식

프록시 에이전트 구조는 Mobile IPv6의 기본적인 아이디어를 확장하여 이동성 에이전트에게 계층을 두는 것으로 이동 노드는 계층의 가장 하부에 있는 로컬 에이전트에게 등록하여, 등록 요청은 홈 에이전트까지 전달되지 않고 해당 지역에서만 머물게 된다. 이러한 구조를 사용하는 방안 중 IPv6 네트워크를 대상으로 하는 방안에는 Hierarchical Mobile IPv6<sup>[3]</sup>이 있다. 지역적으로 개선된 라우팅 방식은 해당 지역에서 새로운 라우팅 프로토콜을 도입한다. 이 방식에는 호스트 별 전달방안과 멀티캐스트를 이용한 방안으로 나누어 볼 수 있다. 호스트 별 전달방안은 도메인 안에서 특별한 경로설정 프로토콜을 사용하여 각각의 이동 노드에 대하여 소프트웨어 상의 호스트별 특정 전달 항목을 네트워크 내의 장비들이 저장하여 사용하는데, 이러한 방안을 사용하는 것에는 Cellular IPv6<sup>[4]</sup>, EMIPv6-RF<sup>[5]</sup>이 있다.

멀티캐스트 프로토콜에서 멀티캐스트 CoA는 하나의 이동 호스트에게 부여되고, 이동 노드는 인접한 멀티캐스트 라우터에게 이동 노드의 가상 멀티캐스트 그룹에 가입하도록 한다. 멀티캐스트를 사용하는 방안에는 [6,7,8]이 있다.

현재까지 제안된 지역적 이동성 방안들은 모두 해당 도메인 안의 라우터와 같은 네트워크 장비와 이동 노드에 추가적인 기능을 구현하여야 사용 가능하다. 이러한 경우 이동 노드가 서로 다른 사업자의 도메인 간 이동을 하게 되면, 각각의 도메인에서 채택한 방식의 기능이 이동 노드에 모두 존재하여야 하므로, 상호 호환성의 문제가 야기될 수 있다. 이에 본 논문에서는 이동 노드의 기능만을 약간 수정하고 네트워크 장비의 기능은 기본적인 Mobile IPv6만을 요구하는 새로운 이동성 관리 방식인 MONAMYS (MOBILE-Node-Assisted localized Mobility Scheme)을 제안한다. MONAMYS에서는 이동 노드별로 액세스 라우터 (Access Router : AR) 중 하나를 자신의 LMA (Localized Mobility Agent)로 지정한다. LMA가 외부 도메인에서의 홈 에이전트와 같은 역할을 하도록 이동 노드는 외부 도메인 내에서 이동할 때 자신의 위치를 LMA에 갱신한다. 제안한 방안의 성능은 해석적 분석과 모의실험을 통하여 분석하였다. 그 결과를 Mobile IPv6와 비교 검토한 결과 제안한 방안은 이동성 관리에 따르는 오버헤드를 분산시키며, TCP와 UDP 트래픽에 대하여 좋은 성능을 보임을 확인하였다.

이후 본 논문에서는 2장에서 Mobile IPv6 개요에 대하여 언급하고 3장에서는 본 논문에서 제안한 방안에 대해서 설명한다. 4장에서는 제안된 방안의 성능 분석 결과를 제시하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. Mobile IPv6 개요

IP 기반 호스트가 새로운 서브넷으로 이동하게 되면 해당 서브넷 망에 맞춰 IP를 변경해야만 한다. Mobile IPv6(MIPv6)는 IPv6 네트워크에서 MN이 이동했을 때 새로운 서브넷에 대한 IP 주소를 자동으로 설정하여 이동성을 지원한다. MIPv6의 기본적인 동작은 이동 발견, 등록, 데이터 전송의 단계로 구성된다.

이동 노드의 이동 발견은 라우터가 주기적으로 해당 서브넷에 전송하는 라우터 광고 (Router Advertisement) 메시지를 수신함으로써 감지한다.

자신이 이동했다는 것을 알게 된 MN은 라우터 광고 메시지에 있는 서브넷 프리픽스와 자신의 인터페이스 ID를 결합함으로써 주소를 자동 설정 (auto-configuration)하여 CoA로 사용한다. MN은 홈 서브넷에 있을 때는 홈 주소라는 영구적인 주소를 사용하게 되고 외부 서브넷으로 이동했을 때는 CoA를 자신의 주소로 사용하게 된다.

MN이 새로운 링크에서 CoA를 생성하면 홈 서브넷에 있는 자신의 HA에게 바인딩 갱신 (Binding Update : BU) 메시지를 보내게 된다. 일반적으로 BU 메시지에는 MN의 CoA와 홈 주소, 바인딩의 유효기간 (lifetime) 등의 정보가 포함되어 있는데, BU 메시지를 받은 HA는 이러한 정보들을 자신의 캐쉬에 유효기간 동안 저장하여 MN의 HA로 동작한다. 또한 MN이 외부 서브넷에서 또 다른 외부 서브넷으로 이동하게 되면 MN은 HA뿐만 아니라 이전 서브넷에 있는 AR에게도 BU 메시지를 보내게 된다. BU 메시지를 받은 이전 서브넷의 AR 역시 HA와 마찬가지로 동작하게 된다. MN은 상대방 노드 (Correspondent Node : CN)에게 return routability를 이용하여 BU 메시지를 보내 직접 통신할 수도 있다.

HA는 자신의 캐쉬에 저장된 MN의 홈 주소와 CoA의 유효기간 동안 MN의 홈 주소로 전송되는 패킷을 가로채 IPv6 캡슐화하여 MN의 현재 CoA로 터널링한다. 전체적으로 외부 도메인에서 이동 노드가 이동하면서 HA와 바인딩을 하는 절차를 정리해 보면 그림 1과 같다.

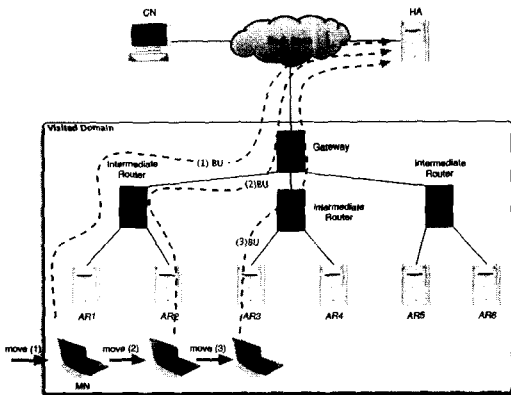


그림 1. Mobile IPv6에서의 바인딩 과정

이러한 이동에 의한 등록 이외에 홈 에이전트와 바인딩의 유효기간이 만료되면 MN은 HA와 다

시 바인딩을 해야 한다. 본 논문에서는 이동에 의한 바인딩 갱신과 구별하기 위하여 바인딩 유효기간 만료에 의한 바인딩을 바인딩 재생 (Binding Refresh)으로 일컫도록 한다.

### III. MONAMYS

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 지역적 이동성 지원을 위한 이동성 관리 방식인 MONAMYS (MOBILE-Node-Assisted localized MobilitY Scheme)에 관하여 설명한다. MONAMYS는 Mobile IPv6에서와 같은 이동 발견 메커니즘과 주소 자동 설정을 사용한다.

지역적 이동성 지원을 위하여 MN은 도메인 간의 이동시와 동일 도메인 내의 서브넷 간의 이동에 따라 서로 다른 동작을 하게 된다. MN이 새로운 외부 도메인으로 이동하게 되면 Mobile IPv6를 이용하여 바인딩 갱신을 자신의 HA에 전송하여 이동 사실을 통보하고, 새롭게 연결된 서브넷에서 수신한 라우터 광고 메시지 안에 있는 라우터의 글로벌 유니캐스트 주소를 자신의 캐쉬에 저장하여 추후에 LMA로 사용할 수 있도록 한다. 이 메커니즘은 Mobile IPv6에서 이전 서브넷에 있는 AR로 바인딩을 하기 위하여 처리해야 하는 메커니즘과 동일하다. 이후 MN이 외부 도메인 내에서 이동시에는 자신의 HA 대신 LMA에게 BU를 전송한다. 그림 2는 제안된 방식의 동작을 보여준다. 그림 2에서 이동(1)이 일어나면 HA에 바인딩을 하고 AR1을 LMA로 설정한다. 이동(2)와 이동(3)에서는 LMA인 AR1으로 바인딩하는 과정을 보여준다.

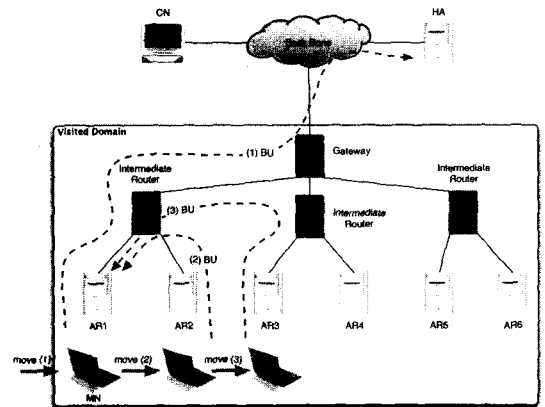


그림 2. MONAMYS에서의 바인딩 과정

MN이 동일한 외부 도메인에 있는 동안 HA와의 바인딩에 대한 유효기간이 만료되면 HA에 BU를 전송하고, 현재 연결된 링크의 AR을 자신의 LMA로 설정한다. MN에서 이러한 이동성을 다루기 위한 동작 수준은 아래와 같다.

A 이동 발견

A.1 새로운 외부 도메인으로 이동 시

A.1.1 HA에 BU 전송

A.1.2 현재 서브넷의 AR을 LMA로 설정

A.1.3 선택적으로 이전 서브넷에 있는 AR에 BU 전송

A.2 동일한 도메인 안에서 다른 서브넷으로 이동 시

A.2.1 LMA로 BU 전송

A.2.2 LMA와 이전 서브넷의 AR이 동일하지 않으면, 선택적으로 이전 서브넷의 AR에게 BU 전송

B HA와의 바인딩 정보가 만료되면

B.1 HA에 BU 전송

B.2 현재 서브넷에 있는 AR을 LMA로 설정

MONAMYS에서는 외부 도메인에 있는 AR은 모두 MN의 LMA로 동작할 수 있다. LMA로 동작하는 AR은 MN이 해당 도메인에서 제일 먼저 연결한 서브넷의 위치나 HA와의 바인딩 유효기간이 만료된 시점에서 연결된 서브넷의 위치에 따라 결정된다. 따라서 MONAMYS는 외부 도메인 전체 AR에 지역적 이동성 관리에 따르는 오버헤드를 분산시킬 수 있다.

IV. 성능 분석

본 절에서는 3절에서 제안한 MONAMYS 방식에 대한 성능 분석을 제시한다. 성능 분석은 해석적 분석을 통하여 네트워크의 실체(entity)들로 전달되는 바인딩 메시지 유효를 분석하였고, 모의실험을 통하여 UDP 트래픽에 대하여는 패킷 손실율을, TCP 트래픽에 대해서는 처리율(throughput)을 측정하여 Mobile IPv6와 비교 검토하였다.

4.1 해석적 성능 분석

해석적 성능 분석에서는 홈 에이전트와 액세스 라우터에 도착하는 바인딩 메시지 유효를 지표로 삼았다.

성능을 분석하기 위해 몇몇의 변수와 가정을 한다. 외부 도메인의 네트워크 구조는 그림 2에서와 같이 게이트웨이, 중간 라우터 (intermediate router), 액세스 라우터의 3단계로 구성되어 있다고 가정한다. 외부 도메인은 정사각형 형태를 띠며, 외부 도메인 안에는  $B_D$ 개의 서브넷이 있고, 각각의 서브넷은 정사각형 모양으로 그 둘레는  $L_B$ 라고 가정한다.

MN의 이동성 모델링을 위하여 간단한 fluid flow mobility model<sup>[9]</sup>을 사용한다. 이 모델에서는 MN의 평균 이동 속도는  $v$ 로, 이동 방향은  $[0, 2\pi]$ 로 균일하다고 가정하고, 또한 MN의 밀도는  $\rho$ 로 분포되어 있다고 가정한다. 언급된 변수들에 대하여 표 1에 정리하였다.

바인딩 갱신은 이동 노드가 등록을 새롭게 해야 하는 등록 영역 경계 (registration area boundary)를 넘을 때 발생하게 된다. 등록 영역 경계의 둘레가  $L_u$ 라면 바인딩 갱신을  $R_u$ 는 아래와 같다<sup>[9]</sup>.

$$R_u(L_u) = \frac{\rho v L_u}{\pi} \tag{1}$$

바인딩 유효기간을  $T_B$ 라고 하자. 바인딩 재생은 MN이 해당 바인딩에 대한 유효기간인  $T_B$  보다 오랫동안 같은 지역에 있을 때에만 전송된다.  $L_r$ 을 바인딩 재생에 대한 등록 영역의 길이라 하면 MN이 등록 영역에 있는 시간은  $\pi L_r / (16v)$ 가 된다. 결과적으로 바인딩 재생이 일어나려면 MN이 등록 영역에 있는 시간이 바인딩 유효기간보다 길어야 하므로 바인딩 재생을  $R_r$ 은

$$R_r(L_r) = \frac{\rho v L_r}{\pi} \left[ \frac{\pi L_r}{16 v T_B} \right] \tag{2}$$

가 된다. 바인딩 갱신과 바인딩 재생의 등록 영역의 수를 각각  $n_u, n_r$ 라 하면 일반적인 네트워크 실체에 전달되는 전체 바인딩 메시지 유효  $R$ 은 다음 식과 같다.

$$R = n_u R_u(L_u) + n_r R_r(L_r) \tag{3}$$

4.1.1 Mobile IPv6

Mobile IPv6에서는 MN이 홈 서브넷의 HA로 하는 바인딩 갱신율과 바인딩 재생율을 분석하였다. Mobile IPv6에서 등록 영역 경계는 바인딩 갱신과 바인딩 재생에 대해 모두 서브넷 지역이 된다. 따라서  $L_u = L_r = L_B$ 이고,  $n_u = n_r = B_D$ 이다. 그러므로 HA로 전송되는 바인딩 메시지 유효는

$R_{MIPv6}^{HA} = B_D R_u(L_B) + B_D R_r(L_B)$ 이다. 따라서

$$R_{MIPv6}^{HA} = \frac{\rho v L_r}{\pi} \left( B_D + B_D \left[ \frac{\pi L_B}{16vT_B} \right] \right) \quad (4)$$

이다.

#### 4.1.2 MONAMYS

MONAMYS에서 MN은 HA에게 외부 도메인의 경계를 통과할 때 바인딩 갱신을 하므로 바인딩 갱신의 등록 영역 경계  $L_u$ 는  $L_B \sqrt{B_D}$  이고,  $n_u$ 는 1이 된다. 바인딩 재생은 동일한 도메인에서  $T_B$  시간보다 오랫동안 있으면 바인딩 재생을 하므로  $L_r$ 은  $L_u$ 와 동일하고,  $n_r$ 도 1이다. 그러므로 HA에 전송되는 바인딩 메시지 율은  $R_{MONAMYS}^{HA} = R_u(L_B \sqrt{B_D}) + R_r(L_B \sqrt{B_D})$ 이므로 아래 식으로 표현할 수 있다.

$$R_{MONAMYS}^{HA} = \frac{\rho v L_B}{\pi} \left( \sqrt{B_D} + \sqrt{B_D} \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16vT_B} \right] \right) \quad (5)$$

MONAMYS에서는 도메인 내에서의 이동이 일어나는 경우 바인딩 갱신을 LMA로 사용하는 AR에게 전송함으로써 지역적 이동성을 지원하기 때문에 AR로 전송되는 바인딩 비율을 분석한다. 바인딩 갱신 메시지는 MN이 새로운 서브넷으로 이동하면 발생하므로 바인딩 갱신의 등록 영역 경계는 서브넷 경계가 된다. 이전 서브넷의 AR로의 바인딩 갱신을 하면 그 갱신율은 모든 AR에 대하여 동일하게  $R_u(L_B)$ 가 된다.

AR이 MN의 LMA로 동작하게 되면 AR이 도메인 내에서 어느 위치에 있는가에 따라 바인딩 갱신율은 달라진다. 도메인에서 AR의 위치는 도메인의 구석( $AR_c$ ), 도메인의 구석이 아닌 경계( $AR_b$ ), 도메인 안( $AR_i$ ), 이렇게 3가지로 분류할 수 있다. 본 논문에서 정 사각형 형태의 도메인을 가정하므로 MN이 해당 도메인으로 처음 이동하는 경우에는 항상 도메인 외각에 있는  $AR_c$ 나  $AR_b$ 에 연결이 되고, 그 이후 이동 방향에 따라  $AR_i$ 와 연결이 될 수 있다. 따라서 MN의 최초 LMA는  $AR_c$ 나  $AR_b$ 가 된다.  $AR_c$ 는 도메인 경계에 접한 면이 2면이어서 최초 LMA가 될 확률은  $AR_c$ 가  $1/(2\sqrt{B_D})$ 이다.  $AR_b$ 는 1면만이 도메인 경계에 접하므로 최초 LMA가 될 확률은  $1/(4\sqrt{B_D})$ 이다. 한편, MN에 대한 홈 에이전트와의 바인딩 유효

기간이 만료가 된 후에야  $AR_i$ 도 MN의 위치에 따라 LMA가 될 수 있다. 이동 노드의 이동방향이  $[0, 2\pi]$ 로 동일하다고 가정하였으므로 바인딩 유효기간 만료 후에는 도메인 내에 있는 모든 AR이 MN의 LMA가 될 확률은 동일하다. 외부 도메인 안에서 HA와의 바인딩 유효기간이 만료될 확률은 아래와 같다.

$$\frac{\left| \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16vT_B} \right|}{\sqrt{B_D} + \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16vT_B} \right]} \quad (6)$$

한편 도메인 전체에서 내부 이동으로 인한 바인딩 갱신율은 다음과 같다.

$$\frac{\rho v L_B \sqrt{B_D} (\sqrt{B_D} - 1)}{\pi} \quad (7)$$

도메인 안에 위치한  $AR_i$ 로의 바인딩 갱신은 두 가지 경우에 이루어진다. 첫 번째 경우는 해당  $AR_i$ 가 이동한 MN이 연결되었던 이전 서브넷의 AR인 경우이다. 두 번째 경우는 특정 MN의 바인딩 유효기간이 해당 AR에서 만료가 되어 MN의 LMA로 설정되고, 그 MN이 도메인 내 이동을 한 경우이다. 이러한 경우를 모두 고려하여  $AR_i$ 로의 바인딩 메시지 율을 구하면 식 (8)과 같다.

$$R_{MONAMYS}^{AR_i} = \frac{\rho v L_B}{\pi} \left( 1 + \frac{(\sqrt{B_D} - 1)(B_D - 1) \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16vT_B} \right]}{B_D \sqrt{B_D} + \left( \sqrt{B_D} + \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16vT_B} \right] \right)} \right) \quad (8)$$

$AR_c$ 나  $AR_b$ 로의 바인딩 메시지는  $AR_i$ 의 두 가지 경우 이외에, MN이 도메인에 처음으로 이동하였을 때 연결된 AR로서 LMA 역할을 하는 경우가 추가된다. 이 경우에는 HA와의 바인딩 유효기간이 만료되지 않는 확률을 고려하여야 한다. 따라서  $AR_c$ 와  $AR_b$ 로의 바인딩 메시지 율은 각각 아래 식과 같다.

$$R_{MONAMYS}^{AR_c} = \frac{\rho v L_B}{\pi} \left( 1 + \frac{(\sqrt{B_D} - 1) \left( 2B_D^2 - B_D + 4(B_D - 1) \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16vT_B} \right] \right)}{4B_D \sqrt{B_D} \left( \sqrt{B_D} + \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16vT_B} \right] \right)} \right) \quad (9)$$

$$R_{MONAMYS}^{AR} = \frac{\rho v L_B}{\pi} \left[ 1 + \frac{(\sqrt{B_D} - 1) \left( 4B_D^2 - 3B_D + 16(B_D - 1) \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16 v T_B} \right] \right)}{16 B_D \sqrt{B_D} \left( \sqrt{B_D} + \left[ \frac{\pi L_B \sqrt{B_D}}{16 v T_B} \right] \right)} \right] \quad (10)$$

4.1.3 해석적 성능 분석의 예

4.1.1과 4.1.2절에서 유도된 식들을 기반으로 MONAMYS와 MIPv6의 성능을 바인딩 메시지 율로 비교하였다. 성능 비교에 사용한 파라미터들에 대하여 표 1에서 주어진 값을 기본값으로 사용하였으며, 각각의 파라미터들이 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사용자 밀도, 사용자 속도, 바인딩 유효기간의 값을 변경하여 그 영향을 분석하였다.

표 1. 파라미터 값

항목	종류	값
$\rho$	사용자 밀도	200/Km <sup>2</sup>
$v$	사용자 속도	10Km/hr
$L_B$	세브넷 둘레	10Km
$B_D$	도메인 내 세브넷 수	256
$T_B$	바인딩 유효기간 (Binding lifetime)	3600 sec

MIPv6에서 HA에 전송되는 바인딩 메시지 율과 MONAMYS에서 HA와 도메인에서 구석에 위치하고 있는 AR인  $AR_c$ 에 전송되는 바인딩 메시지 율에 대한 해석적 성능 분석 결과를 그림 3-그림 5에서 보이고 있다. MONAMYS에서  $AR_c$ 에 대한 분석만을 그림에 표시한 것은  $AR_c$ 에 전달되는 바인딩 메시지가 가장 많기 때문이다. 그림에서 전체적으로 사용자 밀도와 사용자 속도가 증가하게 되면 바인딩 메시지 율은 증가하고 이와 대조적으로 바인딩 유효기간이 증가하면 바인딩 메시지 율은 감소하는 것을 볼 수 있다. HA에 전달되는 바인딩 메시지 율을 비교한 결과  $R_{MONAMYS}^{HA}$ 은  $R_{MIPv6}^{HA}$ 의 1/4정도로 나타났다. 또한  $R_{MONAMYS}^{AR}$ 은  $R_{MIPv6}^{AR}$ 의 약 1/34 정도로 나타났다. 외부 도메인에 256개의 AR이 있다는 점을 고려하면 이러한 바인딩 메시지 율이 AR 수만큼 감소하지는 않는다. 하지만 이러한 비율의 감소율은 네트워크상의 실체들이 처리해야 하는 메시지 수를 감소시킴으로써 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있다.

그림 3의 결과를 보면 사용자의 밀도가 증가함에

따라 네트워크의 여러 실체들로 전달되는 바인딩 메시지가 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 그림 4에서는 Mobile IPv6의 경우 사용자 속도에 비례하여 HA로의 바인딩 메시지 율이 크게 증가하지만, MONAMYS에서는 HA로의 바인딩 메시지 율이 사용자 속도에 비례하여 증가하지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과는 MN이 연결하는 세브넷을 자주 바꿈에 따라 바인딩 재생이 줄어들기 때문이다.

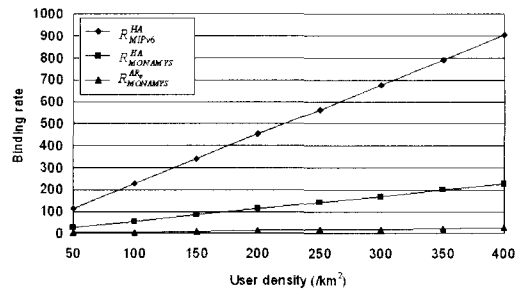


그림 3. 사용자 밀도에 따른 바인딩 메시지 율

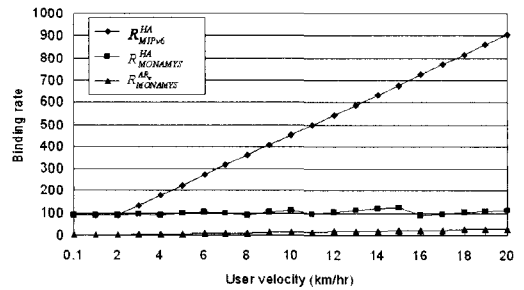


그림 4. 사용자 속도에 따른 바인딩 메시지 율

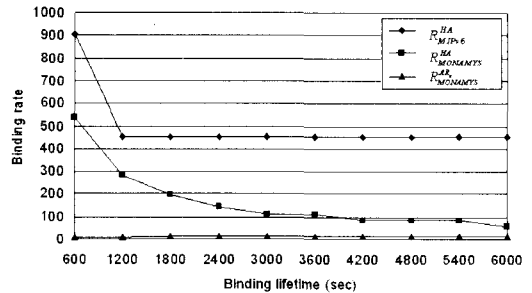


그림 5. 바인딩 유효기간에 따른 바인딩 메시지 율

그림 5에서 Mobile IPv6의 경우 바인딩 유효기간이 1200초 이상으로 길어지는 경우 HA로 전달되는 바인딩 메시지 율은 일정하게 나타나고 있다. 이

러한 상황은 이동 노드가 이웃하는 서브넷으로 바인딩 유효기간이 만료되기 전에 이동하여 발생한다. 그러므로 Mobile IPv6에 대하여, 특정값 이상으로 바인딩 유효기간을 증가시키는 경우에는 바인딩 메시지 율은 감소하지 않는다. 제안한 방안에서 HA로의 바인딩 메시지 율은 바인딩 유효기간이 증가함에 따라 감소한다. 이와 반대로 도메인의 구석에 있는 AR로의 바인딩 율은 바인딩 유효기간에 비례하여 증가한다. 이러한 결과는 바인딩 재생이 일어나지 않으면 이동 노드의 LMA로서 계속 동작하기 때문에 야기된다.

#### 4.2 모의실험을 통한 성능 분석

제안한 방안의 성능을 모의실험을 통하여 분석하기 위하여 그림2와 같은 네트워크 환경을 구성하여 ns-2<sup>[10]</sup>를 사용하여 실험을 하였다. CN, HA, 게이트웨이 사이에 위치한 인터넷 백본 망에서의 전파 지연(propagation delay)은 50ms, 대역폭은 2Mbps로 설정하였다. 외부 도메인 내에서의 모든 링크의 전파지연과 대역폭은 5ms와 10Mbps로 각각 설정하였다. MN이 한 서브넷에서의 잔류시간은 25초로 설정하였고, 각각의 AR에 순차적으로 접속하도록 하였다.

MN의 핸드오프 시 UDP의 경우에는 패킷 손실이 발생하고, TCP에서 송신자의 패킷 전송 비율을 줄이는 혼잡 제어를 수행하게 됨으로써 TCP 처리 율이 저하되게 된다. 이러한 경우 성능에 영향을 미치는 외부 변수에는 AR사이의 거리와 라우터 광고 주기가 있다. AR 사이의 거리는 smooth handoff 메커니즘<sup>[11]</sup>을 적용하여 400m로 하였고, MN이 이동한 후 CoA를 생성하는데 걸리는 시간을 줄이기 위하여 라우터 광고 주기를 0.03초로 설정하였다. 또한 MN의 이동 속도와 성능의 상관관계를 알아보기 위하여 MN을 40M/sec와 400M/sec의 속도로 이동하도록 하여 모의 실험을 하였다.

##### 4.2.1 UDP 성능

CN에서 UDP 트래픽을 생성하도록 하여 MN으로 전송하였다. 패킷의 크기를 256Bytes로 하고 전송 비율을 각각 64K, 128K, 256K, 512K로 하여 시뮬레이션을 한 후 MN에 도착하는 패킷을 분석하였다. MN의 핸드오프 시 BU를 하는 도중에 MN이 수신하지 못하는 패킷의 수를 그림 6에서 나타내고 있다.

그림 6에 나타난 결과에서 알 수 있듯이 MN이

40M/sec의 속도로 이동 할 때 MONAMYS에서의 패킷 손실량은 MIPv6에 비하여 평균적으로 약 63%의 패킷 손실을 줄일 수 있었고, 400M/sec의 속도로 이동할 때에는 약 65%정도의 패킷 손실을 줄일 수 있었다. 이때 MN의 이동 속도가 40M/sec에서 400M/sec로 10배 증가되는 동안에 패킷 손실량은 Mobile IPv6에서는 약 15%, MONAMYS에서는 약 20%정도만 감소되어 MN의 이동 속도가 성능에 미치는 영향은 미미하다는 것을 알 수 있다.

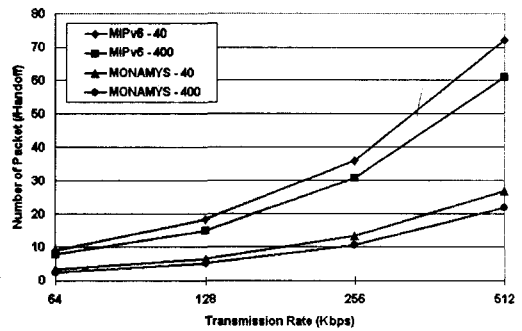


그림 6. 전송 비율에 따른 UDP 패킷 손실량

##### 4.2.2 TCP 성능

TCP의 성능을 분석하기 위해 CN에서 Mobile IPv6 환경에서 가장 좋은 성능을 나타낸 Tahoe TCP<sup>[12]</sup>에 FTP 응용프로그램을 사용하여 MN으로 패킷을 전송하였다. 이때 MN에서 수신하는 패킷의 순서 번호(sequence number)와 전체 네트워크의 처리 율을 분석하였다.

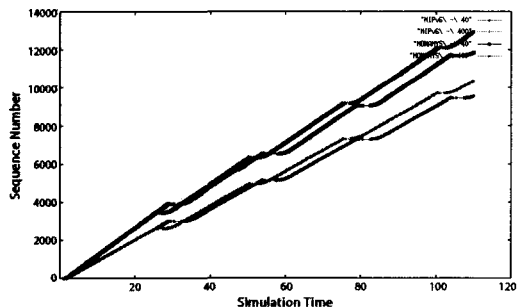


그림 7. MONAMYS와 MIPv6의 순서 번호 비교

그림 7은 시뮬레이션 시간 동안 MN이 수신하는 패킷의 순서 번호를 나타내고 있다. 그림에서 MN이 하나의 링크에서 다른 링크로 이동했을 때 Tahoe

에서는 느린 출발 (slow start), 혼잡 회피 (congestion avoidance), 빠른 재전송 (fast retransmit) 메커니즘<sup>13)</sup>을 사용하여 전송 비율을 줄이고, 손실된 패킷에 대하여 재전송을 하게 되는데 이때 전송되는 패킷의 순서 번호는 증가되지 않는다. MIPv6 환경에서 HA에 BU가 도착하는 시간에 비해 MONAMYS에서 LMA에 BU가 도착하는 시간을 줄일 수 있어 순서 번호가 더욱 빨리 증가되는 것을 확인할 수 있다. 그 차이는 핸드오프 시마다 증가되어 마지막 핸드오프 시에는 그 차이가 확연히 나타나고 있음을 확인할 수 있다. MN이 40M/sec의 속도로 이동 할 때에는 MIPv6 환경에서 전송할 수 있는 패킷의 19.3% 정도를 더 많이 전송할 수 있었고, 400M/sec의 속도로 이동 할 때에는 MIPv6 보다 19.4% 정도를 더 많이 전송할 수 있었다. 이는 UDP의 결과와 마찬가지로 TCP의 성능에서도 MN의 이동 속도가 성능에 미치는 영향이 거의 없음을 나타낸다.

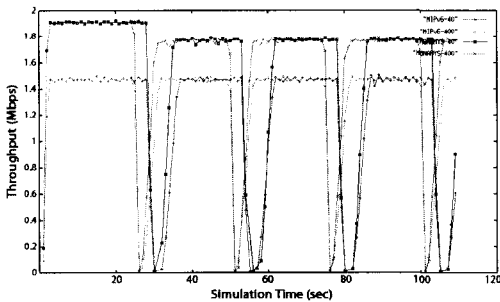


그림 8. 처리율 비교

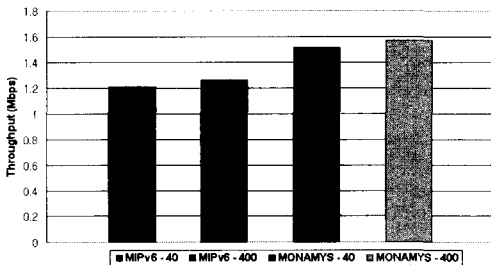


그림 9. 평균 처리율

그림 8은 MN의 이동 속도가 40M/sec와 400M/sec 일 때의 시뮬레이션 시간 동안 전체 네트워크 처리율을 나타내고 있다. 그림에서 처리율이 급감하는 부분은 MN의 핸드오프 시 패킷을 받지

못하는 시간을 나타내고 있는데 MN의 이동 속도가 40M/sec와 400M/sec 일 때 모두 MONAMYS가 MIPv6보다 패킷을 받지 못하는 시간이 작게 나타남을 알 수 있다. 이 때 MN의 이동 속도는 10배 증가되었지만 처리율이 급감하는 쪽에는 변화가 거의 없는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 시뮬레이션 시간동안의 평균 처리율을 나타내고 있다. 그림에서 MN이 40M/sec의 속도로 이동할 경우 MONAMYS에서는 MIPv6에 비하여 평균적으로 약 20%정도 향상된 성능을 나타내었고, 400M/sec의 속도로 이동할 경우에는 약 19.6% 정도 향상된 성능을 나타내었다.

### V. 결론

본 논문에서 우리는 IPv6 기반 네트워크에서 MN이 외부 도메인 내에서 이동 시 지역 내에서 BU 메시지를 전송하고 처리하는 새로운 지역적 이동성 지원 방안을 제안하고 해석적 성능 분석과 모의실험을 통하여 성능 분석을 하였다. 해석적 분석은 제안한 방안에서 HA와 AR에 전달되는 바인딩 메시지를 Mobile IPv6에서 HA에 전달되는 바인딩 메시지와 비교하였다. 그 결과 HA에 전달되는 비율은 Mobile IPv6의 1/4정도로 감소하였고, AR에 전달되는 비율은 1/34로 감소함을 확인할 수 있었다. 모의 실험에서는 MN이 하나의 링크에서 다른 링크로 핸드오프 마다 홈 서버넷에 있는 HA로 BU를 전송하는 MIPv6와 외부 도메인 내에서 이동 시 각각의 AR에 BU를 보내는 MONAMYS에서 MN의 이동 속도에 따른 UDP와 TCP의 성능을 비교 분석하였다. 그 결과 UDP에서는 MIPv6에서 MN의 핸드오프 시 발생하는 패킷 손실을 약 63% 정도 줄일 수 있었고, TCP에서는 패킷 손실에 따른 혼잡 제어로 인하여 불필요하게 발생 되는 패킷을 줄여줌으로써 동일한 시간동안 약 19% 정도의 패킷을 더 전송할 수 있었다. 또한 전체 네트워크의 처리율 면에서 MIPv6에 비하여 약 20% 정도 향상된 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

MONAMYS는 MN에 추가적인 동작만으로 구현될 수 있기 때문에 다른 도메인 사이에 완벽하게 상호 작용할 수 있어 MN이 어떤 도메인으로 이동 하든지 도메인 내에서 지역적인 이동성 지원을 사용할 수 있다.



참고 문헌

[1] D. B. Johanson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," Internet draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt, Jun. 2003.

[2] P. Eardley, A. Mihailovic, and T. Suihko, "A Framework for the evaluation of IP Mobility Protocols," Proc. in PIMRC 2000, Vol. 1, pp. 451-457, 2000.

[3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6 Mobility Management (HMIPv6)," Internet draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, Jun. 2003.

[4] D. Shelby, D. Gatzounas, A. T. Campbell, and C-Y. Wan, "Cellular IPv6," Internet draft, draft-shelby-seamoby-cellularipv6-00.txt, Nov. 2000.

[5] Kin Weng Ng and V.C.M. Leung, "Host mobility support for mobile computing over wide-area wireless data networks," Proc. in VTC 2000-Spring Tokyo, Vol. 1, pp. 269-273, 2000.

[6] A. Mihailovic, M. Shabeer and A.H. Aghvami, " Multicast for Mobility Protocol(MMP) for Emerging Internet Networks," Proceedings in PIMRC 2000, vol.1, pp. 327-333, 2000.

[7] C. Castelluccia, "A hierarchical mobility management scheme for IPv6," Proc. in ISCC '98, pp. 305 309, 1998.

[8] Jung-Jun Han and Miae Woo, "A Multicast-Based Micro Mobility Scheme in IPv6 Network", Proceedings in ICWN'03, pp. 175-181, June 2003.

[9] S. Mohan and R. Jain, "Two User Location Strategies for Personal Communications Services," IEEE Personal Communications, Vol.1, No. 1, pp. 42-50, 1994.

[10] "The Network Simulator ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam>.

[11] C. Perkins, Kuang-Yeh Wang, "Optimized smooth handoffs in Mobile IP," Proceedings in IEEE International Symposium on Computers and Communications, pp.

340-346, 1999.

[12] A.V.D. Martin, A. Mihailovic, N.Georganopoulos and A.H. Aghvami, "Adaptation of Transport Protocols for an IP-Micromobility Scheme," Proceedings in ICC 2001, vol.8, pp.2462-2466, June 2001. .

[13] W. Stevens. "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithm," RFC2582, April 1999.

전 홍 선(Hong-Sun Jun)

학생회원

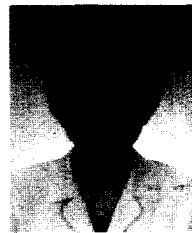


2002년 2월 : 세종 대학교  
정보통신공학과 졸업  
2002년 3월~현재 : 세종대학교  
정보통신공학과 석사과정  
재학중

<주관심 분야> 데이터 통신, Mobile IPv6

우 미 애(Miae Woo)

정회원



1985년 2월 : 연세대학교  
전자공학과 졸업  
1991년 12월 : 미국 Purdue  
University 전기컴퓨터공학과  
석사  
1995년 12월 : 미국 Purdue  
University 전기컴퓨터공학과  
박사

1985년 ~ 1989년 : DACOM 연구원  
1996년 ~ 1998년 : 삼성전자(주) 수석연구원  
1998년 ~ 현재 : 세종대학교 정보통신공학과 부교수  
<주관심 분야> 망 구조 및 프로토콜, 이동망, 망자  
원관리