

Mobile IPv6 환경에서 동적 바인딩 갱신을 위한 라이프타임 할당 기법

(Lifetime Assignment Schemes for Dynamic Binding Update in Mobile IPv6)

양 순 옥 [†] 송 의 성 ^{**} 길 준 민 ^{***} 김 성 석 ^{****} 황 중 선 ^{*****}
(Sun Ok Yang) (UiSung Song) (Joon-Min Gil) (SungSuk Kim) (Chong-Sun Hwang)

요약 사용자의 이동성을 지원하는 Mobile IP 환경에서, 빈번한 바인딩 갱신 메시지의 발생은 상당한 부하를 초래할 수 있다. 따라서 이를 감소시키기 위한 알고리즘 개발이 필요하다. 이를 위해, 본 논문에서는 사용자의 이동성과 관련된 지역적 특성을 고려한 동적 바인딩 갱신을 위한 라이프타임 할당 기법을 제안한다. 각 이동 노드는 방문한 서브넷과 관련된 로그 정보를 이용하여 프로파일을 유지하고 있다. 즉, 방문한 서브넷별로 평균 상주시간을 기반으로 하여 적응적 라이프타임을 결정하여 다음 방문시에 이 값을 바인딩 갱신의 라이프타임으로 사용한다. 또한 각 이동 노드가 동일한 서브넷을 방문하더라도 방문 시간대에 따라 평균 상주시간이 차이가 날 수 있다는 사실을 기반으로 하여, 동일한 서브넷에 대하여 방문 시각에 따라 별개의 라이프타임을 결정하는 알고리즘도 제안한다.

제안한 기법의 성능 향상을 보이기 위하여 기존 Mobile IPv6과 비교 실험을 수행하였으며, 이 과정에서 다음의 두 가지 인자를 주로 비교하였다: 바인딩 갱신 메시지의 수 및 바인딩 요청 메시지의 수. 실험 결과, 제안한 기법은 기존 Mobile IPv6에 비해 위 메시지의 수를 줄임으로써 상당한 통신비용 절감효과를 보여주었다.

키워드 : Mobile IPv6, 바인딩 갱신, 바인딩 요청, 프로파일 기반 전략, 동적 바인딩 갱신, 라이프타임 기법

Abstract Frequent occurrence of binding update messages may incur high overhead in Mobile IP supporting users mobility. Thus, it needs to develop algorithms to deal with the situation. In this paper, we propose new *lifetime assignment schemes for dynamic binding update* considering the locality property related with mobile node's movement. Each mobile node maintains a profile which is based on log containing useful information about its visiting subnets. That is, it determines dynamic binding update lifetime for currently visiting subnet by computing past mean resident time recorded in the profile. In addition, we note that the resident time depends on the time when each node enters a subnet and thus, we devise another lifetime assignment algorithm.

Extensive experiments are made to compare our schemes with existing Mobile IPv6 where major facts for performance comparison are both the number of binding update messages and the number of binding request messages. From the results, we come to know that our schemes obtain highly considerable performance improvements in terms of communication cost by decreasing the number of those messages.

Key words : Mobile IPv6, Binding Update, Binding Request, Profile-Based Strategy, Dynamic binding Update, Lifetime Assignment schemes

· 본 논문은 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업(과제번호: 2001-133-2)으로 수행되었음

[†] 비 회 원 : 고려대학교 컴퓨터학과

soyang@disys.korea.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 고려대학교 기초과학연구소 연구원

ussong@disys.korea.ac.kr

^{***} 비 회 원 : 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터 연구원

jmgil@disys.korea.ac.kr

^{****} 정 회 원 : 서경대학교 전자상거래학과 교수

sskim03@skuniv.ac.kr

^{*****} 중 신 회 원 : 고려대학교 컴퓨터학과 교수

hwang@disys.korea.ac.kr

논문접수 : 2002년 9월 6일

심사완료 : 2003년 11월 3일

1. 서론

무선 네트워크 통신 기술이 급성장함에 따라 사용자의 이동성을 지원할 수 있는 시스템의 개발 필요성이 증대하고 있다. 이동성 관리를 위해 필요한 시그널링 및 이로 인해 소모되는 대역폭은 상당한 부하를 유발시킴으로써, 빈약한 무선 네트워크의 주요한 병목 원인이 될 수 있다. 현재 이동 통신 시스템(Personal Communication System, PCS)에서 이동성 관리는 네트워크 트래픽과 처리 부하의 상당 부분을 차지한다[1]. 이러한 경향은 Mobile IP 환경에서도 그대로 나타나고 있다. 또한, 이동 통신 가입자의 수는 빠른 속도로 증가하고 있으며 대역폭을 많이 차지하는 무선 멀티미디어 응용 프로그램 또한 등장하고 있지만, 이를 효과적으로 처리할 수 있는 메커니즘에 대한 연구는 아직 초기 단계에 머무르고 있다.

이동 노드(MN: Mobile Node)가 이동 중에도 원활한 통신을 지원하기 위한 방법으로, MIPv6(Mobile IPv6)에서는 식별자 기능을 하는 홈 주소(home address)와 목적 경로를 찾는 데 이용되는 CoA(Care-of-Address)를 사용한다. 이동 중인 MN은 자신의 현재 위치를 알려주기 위해 바인딩 갱신(BU: Binding Update) 메시지를 사용하며, 이때 라이프타임(lifetime) 값을 설정하여 보내게 된다. 기존 MIPv6에서는 핸드오프시 패킷의 전송 지연과 손실을 막기 위해 BU 메시지의 라이프타임 값을 최소 1초에서 최대 10초 간격으로 설정함으로써 자신의 위치 정보를 비교적 빈번하게 보낸다[2]. 이처럼 라이프타임을 짧게 설정하는 이유는 이동이 활발한 MN에게 원활한 서비스 지원이 가능해야 하기 때문이다. 그러나, MN의 위치 정보를 갱신하는 메시지를 그만큼 자주 보내게 되므로 MN의 위치를 정확히 파악하는 것은 가능하지만, 상대적으로 발생하는 시그널링을 증가시킨다.

예를 들어, 불규칙한 이동 패턴을 가지며 이동이 활발한 택시 기사의 경우, 기존 MIPv6 방식을 그대로 적용하는 것이 좋다. 왜냐하면, 이동이 많고 어느 한 곳에 상주하는 시간이 짧기 때문에 위치가 바뀔 때마다 위치 정보를 자주 알려주어야 원활한 통신이 이루어진다. 그러나, 활발한 이동성을 보이지 않는 직장인의 경우, 대부분 회사와 집을 고정적으로 이동하게 되며 머무르는 시간 또한 길다. 출장을 가거나 회사 출근 후, 거래처에 방문하는 경우가 발생하더라도 회사나 집에서 머무르는 시간이 상대적으로 길게 된다. 비록, 주말에 고정적인 이동 패턴이 나타나지 않더라도 주중에 이동 패턴은 쉽게 관찰 가능하다. 이와 같은 경우, 라이프타임을 1초~10초 간격으로 설정하여 자신의 위치 정보를 빈번하게

알려줄 필요 없이, MN이 동적으로 적절한 라이프타임을 할당함으로써 BU 메시지의 수를 줄일 수 있다면, 이동성 관리에 필요한 트래픽을 감소시켜 무선 네트워크에서 상당히 성능을 향상시킬 수 있다[1].

MN의 이동 패턴은 앞에서 설명한 것처럼 다양하며, 이러한 각 MN의 고유한 이동 패턴을 얻기 위해 MN은 프로파일을 유지할 수 있다. MN 내에 저장되는 프로파일은 저장공간을 크게 차지하지 않으면서, 정보의 신뢰성을 높일 수 있다. 또한, 프로파일을 서버에 유지하는 경우, 각 단말의 이동 정보를 서버에서 매번 기록해야 하는 반면, 각 단말에 유지한다면 서버의 부하를 가중시키지 않는 장점이 있다.

따라서, 본 논문은 MIPv6에서 MN의 프로파일에 기반한 정보를 이용하여 BU 메시지와 바인딩 요청(BR: Binding Request) 메시지 수를 줄일 수 있는 동적 바인딩 갱신을 위한 라이프타임 할당 기법(lifetime assignment schemes for dynamic binding update)을 제안한다. 이 기법에서는 일정기간 동안 MN이 방문한 서브넷의 주소와 각 서브넷별 평균 상주시간을 MN 내의 프로파일에 저장한다. 그리고, MN이 임의의 서브넷에 방문할 때마다 프로파일을 검색하여 지금 방문한 서브넷에 관한 기록이 프로파일에 있으면, BU 메시지를 위한 적응적 라이프타임 값으로 적용한다. 만약 적절한 정보가 없을 경우, 기존 MIPv6에서 사용하던 디폴트 라이프타임 값을 그대로 적용한다. 또한, 각 MN이 동일한 서브넷에 방문하는 시간대에 따라 평균 상주하는 시간의 차이가 많이 나는 경우가 있다. 따라서 MN의 특정 서브넷의 방문 시간대를 고려하여 라이프타임 값을 다르게 설정하는 방법도 함께 제안한다. 이와 같이 MN의 과거 이동 패턴을 고려한 적응적 라이프타임 할당 알고리즘을 사용함으로써, BU 메시지와 BR 메시지의 수를 감소시킬 수 있고 이로 인해 상당한 통신비용 절감효과를 기대할 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구를, 3장에서 MIPv6에서의 동적 바인딩 갱신을 위한 라이프타임 할당 기법을 살펴본다. 그리고 4장에서는 일반적인 프로파일 기반 전략과 도착 시간대를 고려한 프로파일 기반 전략에 사용되는 네트워크 모델 및 시뮬레이션 결과를 살펴보고, 5장에서 제안 기법의 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

이동성 관리에 대한 연구가 PCS 환경에서는 많이 진행되었다. 사용자의 이동성을 반영한 프로파일 기반의 위치 전략을 제안하는 [3]은 네트워크에 부하를 주는 시그널링을 감소시키기 위해 제안되었다. 이 전략은 사용자가 가장 많이 발견된 위치부터 가장 적게 발견된 위

치까지 순차적으로 등급을 부여한 프로파일을 시스템이 관리한다. 그리고, 프로파일이 생성된 후, 착호가 이동단말에 발생하면 프로파일에 있는 각 위치를 순차적으로 패이징 함으로써, 기존에 지리적 기반의 위치 추적 구조에 비하여 대역폭과 시그널량이 감소하는 것을 보여주고 있다.

반면, Mobile IP 환경에서는 이동성 관리 대한 초기 단계의 연구가 진행중이다[1]. [4]는 MIPv6에서 사용자의 이동성을 고려하여, 마이크로 영역(micro-area)과 매크로영역(macro-area)으로 단순히 2가지 영역으로만 분리하여, 위치 정보 갱신을 중간 이동 에이전트(mobility agent)에만 할 것인지, HA 및 CN까지 할 것인지를 구분하고 있다. 이 계층형 구조에서 두 개의 CoA를 사용하며, 각 CoA에 서로 다른 라이프타임을 부여함으로써, MN이 자신의 위치를 이동할 때마다 HA 및 CN에게 BU 메시지를 보내는 일반적인 계층형 MIPv6보다 홈네트워크의 시그널링 부하를 감소시키며 핸드오프시 성능 향상을 보여주고 있다. 그러나, 여전히 기존 MIPv6에서 라이프타임을 1초~10초 간격으로 할당하는 정적방식을 그대로 사용하고 있다. 마이크로 영역 내에서만 이동을 하면, 중간 이동 에이전트에게만 BU 메시지를 보내므로, HA 및 CN에게 보내는 것보다 BU 메시지의 전송 거리를 단축시키고 있지만, MN에서 발생하는 BU 메시지 수는 변함이 없다. 즉, MIPv6에서 경로를 최적화하기 위해 MN의 지역성을 이용하지만, 각 MN마다 고유의 BU 메시지의 라이프타임 값을 결정하는 방법은 설명하지 못한다.

따라서, 본 논문에서는 동적 바인딩 갱신을 위한 라이프타임 할당 기법을 사용하여 MN의 과거 이동 패턴을 고려하여 두개의 라이프타임을 선택적으로 적용하여, BU와 BR 메시지의 수를 감소시키고자 한다.

3. 동적 바인딩 갱신을 위한 라이프타임 할당 기법

3.1 MIPv6의 개요

MIPv6에서 MN은 홈 링크(home link) 혹은 외부 링크(foreign link) 어느 곳에 위치하고 있든지 간에 독립적으로 홈 어드레스를 이용하여 주소를 지정할 수 있다. MN은 CoA를 IPv6 neighbor discovery[5]에 의한 stateless 또는 stateful(e.g DHCPv6 [6]) address autoconfiguration을 통해서 얻는다. 그리고, BU, BR, 바인딩 응답(BA:Binding Acknowledgment) 목적지 옵션을 사용하여 MN의 바인딩을 동적으로 알아내고 캐쉬하기 때문에 CN은 MN과 통신이 가능하다.

그림 1과 같이, CN은 임의의 IPv6 목적지로 패킷을 전송할 때, 패킷의 목적지 주소가 캐쉬된 바인딩에 존재

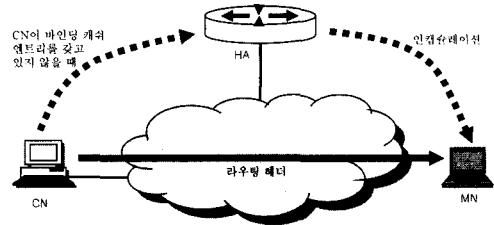
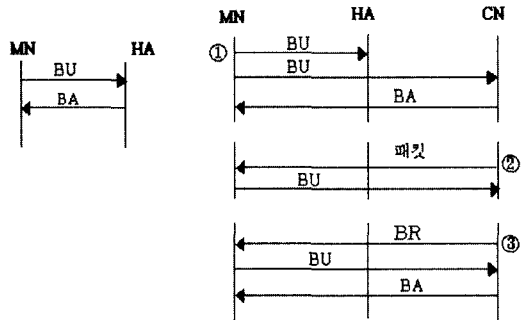


그림 1 MIPv6에서 기본적인 라우팅 연산

하는지 검색하고, 이 목적지 주소가 발견이 되면, 그 바인딩에 있는 CoA를 통해 (IPv6 인캡슐레이션 대신) IPv6 라우팅 헤더[7]를 이용하여 MN에게 패킷을 전송한다. 그러나, 캐쉬된 바인딩 정보로부터 목적지 주소를 발견하지 못하면, 일반적으로 CN이 보낸 패킷은 MN의 HA에게 인터캡트된 후 터널된다.

3.2 MIPv6에서 바인딩 관리

MIPv6에서 MN은 BU 목적지 옵션을 포함하는 패킷을 HA에게 보냄으로써 바인딩 등록을 수령한다. 그림 2는 MN이 BU 메시지를 보내는 4가지의 경우를 보여주고 있다. 그림 2(a)는 MN이 CN과 통신을 수행하지 않은 경우로써, MN은 BU 메시지를 HA에게만 보내며, BU 메시지를 받은 HA는 BA 메시지를 MN에게 보낸다. 그림 2(b)는 MN이 CN과 통신 중인 경우로써, MN은 BU 메시지를 HA 또는 CN에게 보낸다.



(a) MN과 CN이 통신 (b) MN과 CN이 통신 중인 경우 중이 아닌 경우

그림 2 MIPv6에서 바인딩 갱신 과정

첫 번째(①)의 경우, MN이 새로운 외부 링크로 들어가게 되면, MN은 HA와 CN 모두에게 현재의 바인딩 정보를 알려주기 위해 BU 메시지를 보낸다. 그리고, BU 메시지를 수신한 CN은 바인딩 정보를 이용하여 패킷을 MN에게 직접 보낸다.

두 번째(②)는 CN이 보낸 패킷이 HA를 경유하여 간접적으로 MN에게 전송되는 경우를 보여주고 있다. MN

이 HA로부터 터널된 패킷을 수신하게 되면, 그 MN은 패킷을 보낸 CN이 자신에 대한 바인딩 캐쉬 엔트리가 없다고 결정한다. 왜냐하면 CN이 바인딩 캐쉬 엔트리를 가지고 있었다면, MN에게 직접 패킷을 보내기 때문이다.

세 번째(③)의 경우, CN은 MN에게 BU 메시지를 요청하는 BR 메시지를 보내면, 이에 대한 응답으로 MN은 BR 메시지를 보낸 노드에게 BU 메시지를 보낸다. 또한, MN에 대한 바인딩 캐쉬 엔트리를 유지하고 있는 CN은 바인딩 라이프타임이 거의 만료에 가까워지면, BR 메시지를 MN에게 보냄으로서 이 바인딩 정보를 새롭게 갱신할 수 있다.

MN이 새로운 외부 네트워크로 이동하거나 또는 이미 등록된 서브넷에 있는 동안 BU 메시지의 라이프타임 값이 만료 시간에 가까워질 경우, MN은 CN 또는 HA의 바인딩 캐쉬 엔트리를 갱신시키기 위해 BU 메시지를 주기적으로 각각의 CN 또는 HA에게 전송한다.

본 논문에서는 MIPv6의 바인딩 캐쉬 관리 기법[1]을 그대로 사용하지만, 이렇게 주기적으로 보내는 BU와 BR 메시지 수를 줄이고자 한다.

3.3 프로파일 기반 전략

일반적으로 MN의 사용자에 대한 이동 패턴은 일정한 특징을 가지고 있으며, 대개는 자주 가는 위치로 빈번하게 이동하여 원하는 작업을 수행하는 경우가 많다. 이와 같은 MN의 지역적 이동 패턴의 특징을 기반으로 하여 메시지의 라이프타임 값을 동적으로 결정할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 프로파일 기반 전략(PBS: Profile-Based Strategy)은 이동성을 효율적으로 지원하기 위해서 두 종류의 라이프타임을 사용한다. 하나는 기존 MIPv6에서 제안된 디폴트 라이프타임(DLT:Default LifeTime)이고, 다른 하나는 각 서브넷별로 이동노드의 평균 상주시간을 반영한 적응적 라이프타임(ALT: Adaptive LifeTime)이다. 이러한 두 종류의 라이프타임은 프로파일 기반의 전략에 의해서 BU 메시지의 수를 감소시키기 위해 선택적으로 적용된다. PBS에서 사용되는 프로파일은 방문한 서브넷에서 현재 상주시간을 결정하기 위해 MN의 일정 스케줄에 따라 기록된 히스토리를 기반으로 한다.

본 논문에서는 각 MN이 자신의 프로파일에 이동성 패턴을 기록하고 관리할 수 있도록 한다. MN은 각 서브넷을 방문할 때마다 도착시간과 출발시간 및 서브넷의 주소 정보를 로그로 구성하여 저장하며, 이 정보는 다시 각 서브넷에서의 평균 상주시간의 결정에 사용된다. 단, BU 메시지를 보내는 통신비용보다는 MN의 로그 유지비용이 더 저렴하다고 가정한다.

그림 3은 MN이 임의의 서브넷 m으로 이동하였을 때, 그 서브넷에 도착 시간(AT_m)과 출발 시간(ST_m)

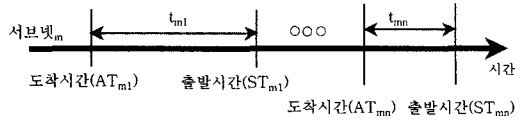


그림 3 MN의 상주시간을 나타내는 시간 다이어그램

그리고 상주시간(t_{mn})을 나타내며, 상주시간은 다음과 같이 된다.

$$t_{mn} = ST_{mn} - AT_{mn} \quad (1)$$

MN은 일정기간 동안 AT_m, ST_m, t_m과 관련된 정보를 로그에 남긴 후, 일정 기간 동안 서브넷 m에서의 평균 상주시간(Meant_m)을 구해서 프로파일을 구성한다. 평균 상주시간을 구하는 알고리즘은 그림 4와 같다. 여기서, Count_m은 서브넷 m의 방문 횟수를 나타내며 MN의 평균 상주시간을 구하기 위해서 사용된다. Count_b는 방문 횟수의 경계값을 나타내며, 일정 기간 동안 임의의 서브넷에 대한 방문 횟수의 기준으로 사용된다. 일정 기간 동안 임의의 서브넷에 방문 횟수가 이 경계 값보다 작은 경우, 그 서브넷은 상대적으로 방문 빈도가 작아서 프로파일에 정보를 남길 필요가 없게 된다. Sumt_m은 일정 기간 동안 서브넷 m에 MN이 상주한 시간의 총합을 의미한다. 신뢰도 높은 프로파일 구성을 위해 기존 MIPv6에서 사용하는 라이프타임 값보다 작은 상주시간을 갖는 경우와 방문 빈도가 방문 횟수의 기준이 되는 경계값(Count_b)보다 작은 경우는 계산에서 제외한다.

```

Countm = 0
Sumtm = 0
While (tmn exists in the visited subnet log){
  If ( tmn > DLT ){
    Sumtm = Sumtm + tmn
    Countm = Countm + 1
  }
}
If (Countm > Countb){
  Meantm = Sumtm / Countm
  Calculate Varm // 식(2)
  If (Varm < δ1) Use high value V
  Else if (Varm > δ1 && Varm < δ2) Use low value V
  Else Ignore V
}
    
```

그림 4 평균 상주시간 계산 알고리즘

또한, 프로파일 생성 후 MN의 이동이 프로파일을 얼마나 잘 따를 것인지 보장할 수 없으므로, 계산된 평균 상주 시간을 조정하는 값으로 다음의 분산을 이용한다.

$$Var_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{mi} - Mean_m)^2 \quad (2)$$

만약, Var_m이 상수 δ₁ 보다 작으면, MN이 그 서브넷에 다시 방문시 거의 평균 상주 시간 만큼 머무른다는 것을 의미하므로, 일정 비율(V)에 높은 값을 부여한다.

그리고, Var_m 이 상수 δ_1 보다 크고 상수 δ_2 보다 작으면, MN이 그 서브넷에 평균 상주 시간보다 더 길거나 짧게 머무른다는 것을 의미하므로, 비교적 작은 값을 V 에 부여한다. 그러나, 그 이외의 경우, 즉 프로파일이 신뢰성 있는 정보를 제공하지 못하는 경우, V 는 무시된다.

이와 같은 방식으로 일정기간 동안의 로그를 이용하여 프로파일을 구성한 후, MN이 임의의 서브넷을 방문하게 되면, 메시지의 라이프타임을 결정하기 위해 그림 5의 알고리즘을 수행한다. 즉, 현재 MN이 방문중인 서브넷과 관련된 정보가 프로파일에 있는지 검색 한 후 평균 상주시간이 존재하면, 이 평균 상주시간에 V 을 곱하여 ALT으로 설정하고 이를 바인딩 갱신의 라이프타임 값으로 사용한다. 그러나, 평균 상주시간이 존재하지 않으면, 기존 MIPv6에서 사용하는 바인딩 갱신의 라이프타임 값(DLT)을 그대로 사용한다. ALT를 적용한 후 ALT가 만료되면, MN이 동일 서브넷에 계속 상주할 시간은 비교적 짧을 것으로 예측되므로, 동일 서브넷에서 MN의 라이프타임 값은 DLT로 설정하여 BU 메시지를 CN과 HA에게 보낸다.

한가지 언급할 점은 프로파일의 신뢰도는 로그의 개수 및 프로파일의 최신 정보에 상당히 영향을 받는다. 반면, 프로파일 정보가 많아지면 주기적인 삭제 알고리즘도 필수적이다. 하지만, 이와 관련된 자세한 부분은 본 논문의 범위를 벗어나므로 이를 더 이상 깊게 다루지 않는다.

```
// 프로파일 생성후, MN이 임의의 서브넷 방문시 ALT 계산
If (Subnet_id in the profile) {
    If (Meant_m >= DLT) {
        ALT = Meant_m * V
        BU_lifetime = ALT
    } Else BU_lifetime = DLT
}
Else BU_lifetime = DLT

// MN이 ALT 적용 후에도 동일 서브넷에 계속 상주하는 경우
If (ALT is expired && MN resides the visited subnet) {
    BU_lifetime = DLT
}
```

그림 5 동적 바인딩 갱신을 위한 라이프타임 할당 알고리즘

3.4 시간대를 고려한 프로파일 기반 전략

MN의 이동 패턴과 관련된 지역적인 특성 중 하나는 어느 특정 서브넷의 경우 그 방문 시각도 일정한 규칙성을 가지고 있다는 점이다. 이처럼 MN이 동일한 서브넷에 방문하는 시각에 따라 평균 상주시간이 다른 경우, MN의 도착 시간대를 고려한 평균 상주시간을 BU 메시지의 라이프타임 값으로 적용하는 시간대를 고려한 프로파일 기반 전략(SPBS: Specific Profile-Based

Strategy)은 메시지의 수를 더 효율적으로 줄일 수 있다.

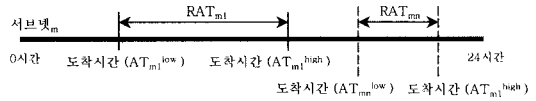


그림 6 MN의 도착 시간대를 나타내는 시간 다이어그램

그림 6에서 RAT_{mn} (Range of MN Arrival Time)은 MN이 서브넷 m 의 n 번째 도착 시간대를 나타내며, 즉, 그림 처럼 하나의 서브넷 m 에는 $n(\geq 1)$ 개 이상의 도착시간대가 존재할 수 있으며, 다음과 같이 계산한다.

$$RAT_{mn} = AT_{mn}^{high} - AT_{mn}^{low} \quad (3)$$

여기서, AT_{mn}^{high} 는 도착 시간대별로 가장 늦은 도착 시간이며, AT_{mn}^{low} 는 가장 빠른 도착 시간이다. 일정한 이동 패턴에 의해서 도착 시간대가 비교적 규칙적인 사람도, 가끔은 도착 시간보다 아주 일찍 오거나, 또는 아주 늦게 출발하는 경우가 존재함을 의미한다. 따라서, 도착 시간대의 범위의 폭도 다양하게 나타낼 수 있는데, 이에 대한 조정작업이 필요하다. 먼저, 일정기간 동안 각 MN이 동일한 서브넷에 방문할 때마다 남긴 로그에 규칙성을 보이는 도착 시간대를 구한 후, 그림 7의 알고리즘을 이용하여 도착 시간이 매우 크거나 작은 값으로 인한 오류를 조정한다.

```
// H1: Minimum Time
// H2: Median Time
// H3: Maximum Time

If (RATmn <= H1) {
    RATmn_adjus = RATmn
} Else if (H1 < RATmn <= H2) {
    Apply (Px4 - Px1) to RATmn
    Get RATmn_adjus
} Else if (H2 < RATmn <= H3) {
    Apply (Px3 - Px2) to RATmn
    Get RATmn_adjus
} Else ignore
```

그림 7 MN의 도착 시간대를 구하는 알고리즘

여기서, H_1, H_2, H_3 은 MN의 도착 시간대의 범위를 조정하기 위한 판단 기준이며, Px_1, Px_2, Px_3, Px_4 는 범위를 조정하기 위해 사용된다. Px_1, Px_2, Px_3, Px_4 는 주어진 자료를 크기 순으로 배열한 후 백등분 하였을 때, 각 등분점에 위치하는 자료를 나타내는 백분위수이다. 예를 들어 10번째 백분위수 P_{10} 은 주어진 자료 중에서

10%는 P_{10} 보다 작거나 같고, 90%는 P_{10} 보다 크거나 같은 위치에 있는 자료를 말한다[8].

MN의 도착 시간대의 범위(RAT_{mn})가 H_1 보다 작은 경우, 즉 MN의 도착 시간대가 아주 작으므로 식 (3)를 통해서 얻은 범위를 그대로 적용한다. 그리고, MN의 도착 시간대가 규칙성을 보이면서, 그 범위가 비교적 넓게 분포하는 H_1 과 H_2 사이의 도착시간대는 도착시간대의 $P_{x4} - P_{x1}$ 의 범위만을 적용하고, H_2 과 H_3 사이의 도착시간대는 $P_{x3} - P_{x2}$ 의 범위만을 적용한다. 그러나, H_3 보다 큰 경우에는 도착시간대가 너무 넓어 규칙성이 없다고 보고 무시한다.

이렇게 조정된 도착시간대가 구해지면, 그것과 도착시간대별 평균 상주시간을 프로파일에 저장한다. 프로파일 생성이후, MN이 프로파일에 있는 서버넷을 방문하게 되면 MN은 도착시간대를 체크하여, 도착시간대별로 세분화된 평균 상주시간을 이용하여 ALT를 적용한다. 그리고, ALT 만료 후에도 동일한 서버넷에 MN이 계속 상주하는 경우는, PBS와 동일하게 라이프 타임을 DLT로 설정한다.

4. 성능 평가

4.1 시뮬레이션 환경

그림 8은 본 논문에 제안하는 프로파일 기반 전략의 성능 평가를 위해 설정한 시뮬레이션 환경을 보여준다. 그림 8에서 MN은 서버넷을 이동할 때마다, 도착 시간(AT_{mn}), 출발시간(ST_{mn}), 서버넷의 주소 정보를 로그로 남기게 된다. 여기서, t_{mn} 은 MN이 각각의 서버넷 m 을 방문할 때마다 머무른 상주시간을 의미한다. 또한, 각 MN이 방문한 서버넷 m 에 대해서 n 번째 보유하고 있는 프로파일 내의 정보는 표 1과 같다.

또한, 각 서버넷마다 매번 MN이 방문할 때 머무른 상주시간은 분포에 모양을 결정하는 웨이프 파라미터

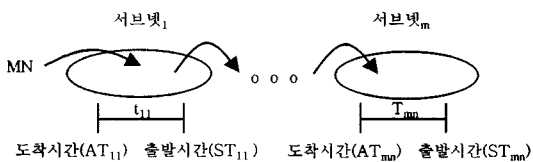


그림 8 평균상주시간을 위한 실험 시나리오

표 1 프로파일 내의 정보

Mean _{mn}	평균 상주 시간
ID	서버넷 주소
Var _m	분산
V	평균 상주시간 반영 비율
RAT _{mn} ^{adjust}	조정된 도착 시간대의 범위

(shape parameter) α 를 가진 감마분포를 따른다고 가정한다. 감마 분포를 선택한 이유는 다른 분포에 비해 일반적인 경우를 표현할 수 있을 뿐만 아니라, 측정된 데이터가 특정분포를 따른다고 가정할 수 없는 경우에 적합하기 때문이다[4]. 감마분포에서 확률밀도 함수와 평균, 분산은 각각 다음과 같다.

$$f(t) = \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (\lambda t)^{\alpha-1} e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \quad (4)$$

$$E(t) = \frac{\alpha}{\lambda} \quad (5)$$

$$V(t) = \frac{\alpha}{\lambda^2} \quad (6)$$

위의 식에서 확률변수 t 는 상주시간을 의미하며, 각 서버넷별로 매번 방문할 때마다 머무른 상주시간의 평균은 식 (5)이고, 동일한 평균에서 분산을 다르게 했을 때 성능 차이를 비교하기 위해 사용된 분산은 식 (6)과 같다. 일반적으로 이동 통신 시스템에서 상주시간을 모델링하기 위해 지수분포를 많이 사용하는데, 감마분포 확률밀도 함수 식 (4)에 $\alpha=1, \lambda=1/E(t)$ 을 대입하면, 지수 분포가 된다. 이와 같이 상주시간을 감마분포와 지수분포 두 가지로 가정 한 후, 프로파일 기반 전략과 MIPv6에서 발생하는 BU와 BR 메시지의 수를 비율로서 성능을 비교한다.

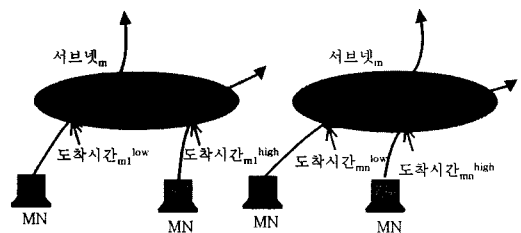


그림 9 시간대를 고려한 실험 시나리오

또한, 일정 기간 동안 동일 서버넷 m 에서 도착 시간대가 각각 다르고, 시간대별로 MN이 상주하는 평균시간도 차이가 많이 나는 경우, 도착 시간대를 고려한 실험 시나리오는 그림 9와 같다. 여기서, 도착 시간대별로 가장 빠른 도착 시간(AT_{mn}^{low}), 가장 늦은 도착 시간(AT_{mn}^{high}), 도착 시간대의 범위(RAT_{mn})를 얻을 수 있다. 그렇게 얻어진 범위는 그림 7의 MN의 도착 시간대를 구하는 알고리즘을 이용하여 조정된 후 적용한다.

앞 절에서 상수로써 설정한 파라미터의 값은 표 2와 같다. 물론, 성능은 이 파라미터들의 값에 의해 의존적이 된다. 그러나, 프로파일의 정확한 정도와 관련된 문제는 본 논문의 영역을 벗어나므로, 본 논문에서는 논외로 한다.

표 2 파라미터 값 세팅

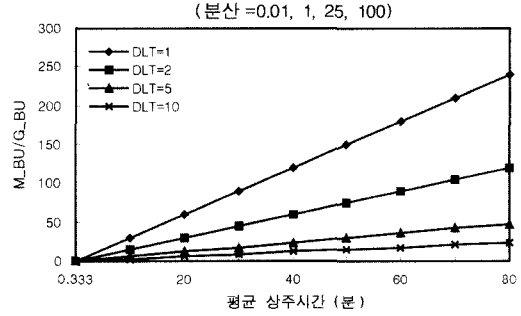
파라미터	값
Count _b	10
높은 V 값	1.0
낮은 V 값	0.8
δ_1	10
δ_2	50
H ₁	30분
H ₂	60분
H ₃	90분
Px ₁	P ₁₀
Px ₂	P ₂₀
Px ₃	P ₃₀
Px ₄	P ₉₀

4.2 시뮬레이션 결과

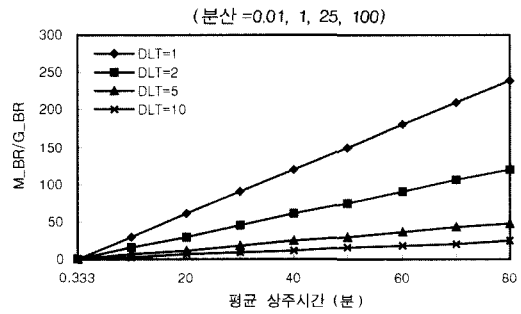
성능을 평가하기 위해 MN이 임의의 서브넷에 상주하는 동안 기존 MIPv6를 적용하는 경우와 프로파일 기반을 적용한 경우에 발생하는 BU와 BR 메시지의 수를 각각 비율로 표현하여 비교하였다. 다음과 같은 비교 결과를 얻기 위해 실험을 수행하였다: M_BU/G_BU, M_BR/G_BR, M_BU/S_BU, M_BR/S_BR. 여기서, M_BU와 M_BR은 MIPv6를 적용했을 때 발생하는 BU와 BR 메시지의 수를, 일반적인 프로파일 기반 전략(PBS)을 적용했을 때 발생하는 BU와 BR 메시지의 수는 G_BU와 G_BR로 나타낸다. 그리고, 도착 시간대를 고려한 프로파일 기반 전략(SPBS)을 적용했을 때 발생하는 BU와 BR 메시지의 수는 S_BU와 S_BR로 나타낸다.

그림 10은 DLT가 1, 2, 5, 10초일 때, 식 (5)와 식 (6)을 이용한 감마분포에서 평균 상주시간과 분산을 다르게 하면서, 기존 MIPv6과 PBS의 비교 결과를 보여주고 있다. 그림 10(a)는 BU 메시지 수를 비교한 것이며, 그림 10(b)는 BR 메시지 수를 비교한 것으로, 분산이 0.01, 1, 25, 100인 경우의 결과가 모두 유사하게 나타난다. 여기서, 분산이 작다는 것은 MN이 방문하는 서브넷에서의 상주하는 시간이 프로파일에 있는 평균 상주시간에 가깝다는 것을 의미한다.

그러나, 분산이 매우 다르게 주어졌음에도 불구하고 보내는 메시지 수의 비율 차이가 보이지 않는다. 반면, 평균 상주시간이 증가할수록 기존 MIPv6보다 PBS가 BU와 BR 메시지를 보내는 수의 비율이 월등히 감소함을 보여주고 있다. 이처럼, 분산의 차이가 결과에 거의 영향을 미치지 못하는 이유는 프로파일에 있는 평균 상주시간의 일정 비율만을 ALT로 설정한 후 이를 BU 메시지의 라이프타임 값으로 설정하여, 분산의 변화가 발생하는 메시지의 수의 비율에 미치는 영향이 미미하기 때문이다. 즉, 분산과 상관없이 기존 MIPv6보다는



(a) 바인딩 갱신



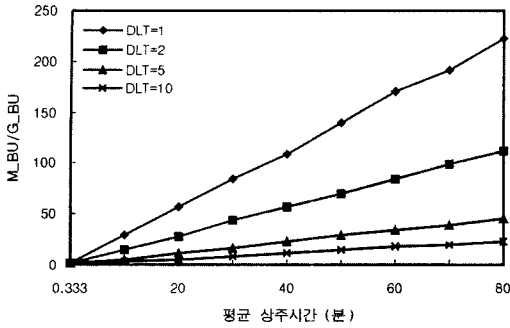
(b) 바인딩 요청

그림 10 감마분포에서 MIPv6과 PBS의 메시지 비교

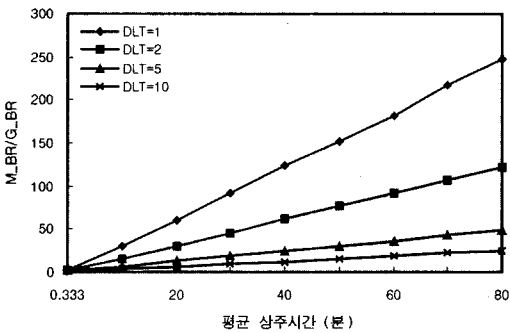
PBS가 BU와 BR 메시지를 보내는 수의 비율 감소 측면에서 성능이 더 좋다는 것을 의미한다. 또한, 기존 MIPv6가 라이프타임 값을 1~10초로 매우 짧게 설정하고 있어, 프로파일 기반 전략에서 비록 평균 상주시간의 일정 비율만을 적용하더라도 메시지 발생 비율의 차이가 매우 크게 나타난다.

이동 통신 시스템에서 상주시간을 나타낼 때 많이 사용하는 지수분포에서 DLT를 다르게 했을 때, 기존 MIPv6과 PBS의 비교 결과는 그림 11과 같다. 그림 11(a)는 BU 메시지의 수를, 그림 11(b)는 BR 메시지의 수를 비교한 결과이다.

그림 11(a), (b)는 지수분포에서도 평균 상주시간이 증가할수록 기존 MIPv6보다는 PBS가 BU와 BR 메시지를 보내는 비율이 월등히 감소함을 보여주고 있다. 또한, DLT 값이 작을수록, 기존 MIPv6보다 PBS가 BU와 BR 메시지를 보내는 수의 비율 감소폭이 커지고 있다. 즉, DLT 값이 증가할수록, 기존 MIPv6과 PBS에서 MN이 보내는 BU와 BR 메시지간의 간격이 커져, 네트워크 오버헤드, 대역폭 및 통신비용 절감 효과는 작아진다. 하지만, 디폴트 라이프타임 값이 증가할 수록, 핸드오프시 패킷 전송 지연 및 손실이 발생할 가능성 또한 크다.



(a) 바인딩 갱신



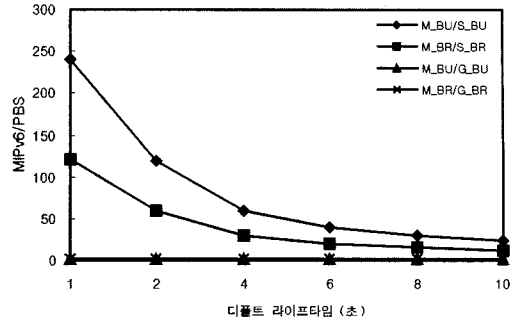
(b) 바인딩 요청

그림 11 지수분포에서 MIPv6과 PBS의 메시지 비교

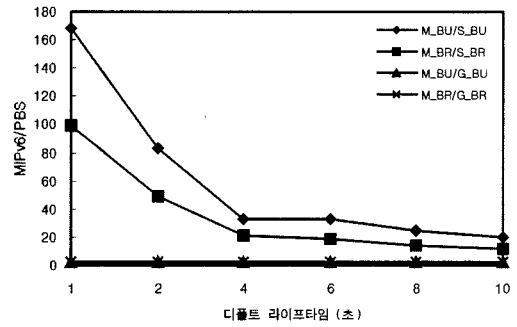
두 번째 실험은 도착 시간대의 효과를 살펴보기 위한 것이다. 우리는 프로파일을 잘 따르는 규칙성 있는 MN의 이동 패턴만을 고려했으며, PBS와 SPBS는 첫 번째 실험과 같은 방법으로 비교했다. 단, 두 기법상의 차이점은 프로파일에 정보의 세분화 유무로써, 모든 서버넷의 40%는 하나의 시간대를, 40%는 두개의 시간대를, 나머지 20%는 세개의 시간대를 갖는다고 가정하였다.

그림 12는 식 (6)을 이용한 감마분포에서 분산을 다르게 하면서, DLT 값을 2초씩 증가시킬 때, PBS와 SPBS를 비교한 결과이다. 분산이 각각 0.01, 1, 25, 100인 경우, MN의 평균 상주시간을 0.333에서 80분까지 20분씩 증가시키면서 얻은 결과이다. 그림 12(a), (b)는 분산이 비교적 작은 0.01과 1인 경우, 즉, MN이 프로파일에 있는 서버넷의 평균 상주시간에 가깝게 현재 방문 중인 서버넷에 머무는 경우, SPBS가 PBS보다 BU와 BR 메시지를 보내는 수의 비율이 많이 감소하는 것을 보여주고 있다.

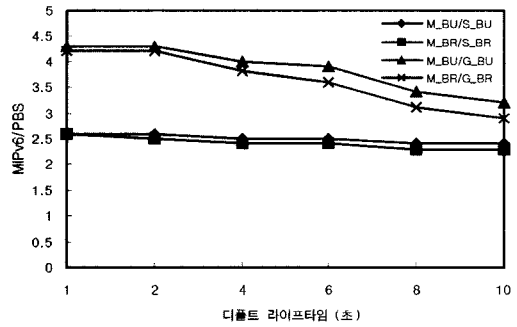
그러나, 분산이 25와 100으로 비교적 큰 경우, 즉, MN이 프로파일에 있는 서버넷의 평균 상주시간과 상이하게 머무는 경우, PBS가 SPBS보다 BU와 BR 메시지를 보내는 비율이 많이 감소하는 것을 그림 12(c), (d)에서 보여주고 있다.



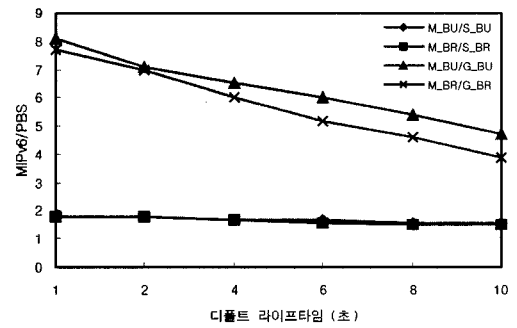
(a) 분산 = 0.01



(b) 분산 = 1



(c) 분산 = 25



(d) 분산 = 100

그림 12 감마분포에서 PBS와 SPBS의 메시지 비교

그림 12(a), (b)로부터 프로파일에 있는 MN의 이동

성 패턴이 잘 반영되도록 MN이 서버넷을 방문하여 상주하는 경우는 라이프타임을 세분화하여 적용한 SPBS가 PBS보다 성능이 더 좋을 수 있다. DLT 값이 증가할수록, SPBS 대 MIPv6의 BU와 BR의 메시지 발생 비율은 점차 감소하지만, PBS 대 MIPv6의 BU와 BR의 메시지 발생 비율은 거의 일정하다. SPBS 대 MIPv6의 BU와 BR의 메시지 발생 비율이 감소하는 이유는 DLT 값이 커질수록 HA나 CN에서 BR 메시지를 보내는 간격이 커져, BU와 BR 메시지의 발생 수가 감소하기 때문이다.

반면에, 그림 12(c), (d)처럼 MN의 과거 이동성 패턴과 관계없이 MN이 서버넷을 방문하여 상주하는 경우, PBS가 SPBS보다 성능이 더 좋을 수 보여주고 있다. 즉, DLT 값이 증가할수록 SPBS 대 MIPv6의 BU와 BR의 메시지 발생 비율은 거의 일정하고, PBS 대 MIPv6의 BU와 BR의 메시지 발생 비율은 점차 감소한다.

결론적으로 말하면, 동일한 서버넷에 MN의 도착 시간의 범위가 다르고, 평균 상주시간이 상이한 경우, 프로파일에 기록된 MN의 이동성 패턴이 잘 반영된 경우에는 SPBS가 PBS보다 성능이 더 좋아진다.

그리고, 지수분포에서 DLT 값을 다르게 하면서, SPBS와 PBS의 메시지 발생 수를 비교해 보면 그림 13과 같다. DLT 값이 증가할수록, SPBS 대 MIPv6의 BU와 BR의 메시지 발생 수의 비율은 점차 감소하지만, PBS 대 MIPv6의 BU와 BR의 메시지 발생 비율은 거의 일정하다. 즉, 지수분포에서도 DLT 값이 증가할수록, SPBS가 PBS보다 성능이 더 좋다는 것을 보여주고 있다. 이와 같이, 이동 통신 시스템에서 상주시간을 나타낼 때 많이 사용되는 지수분포에서도, 동일한 서버넷에 MN의 도착 시간의 범위가 다르고, 평균 상주시간이 상이한 경우에는 프로파일에 기록된 MN의 이동성 패턴이 잘 반영된 SPBS가 PBS보다 성능이 더 좋을 수 보여주고 있다.

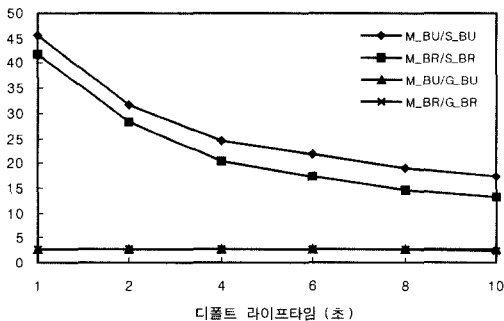


그림 13 지수분포에서 PBS와 SPBS의 메시지 비교

5. 결론 및 향후 연구방향

사용자의 이동성이 증가함에 따라 MIPv6에서는 이러한 이동성을 원활하게 지원하기 위해 빈번한 BU 메시지의 발생으로 네트워크의 상당한 부하를 초래한다. 따라서, 본 논문에서는 이를 감소시키기 위하여 MN의 이동성 패턴이 반영되도록 동적으로 BU 메시지의 라이프타임 값을 설정하는 기법을 제안하였다. 각 MN은 일정 기간 동안 각 서버넷별로 방문한 로그 정보를 이용하여 평균 상주시간을 계산하여 ALT를 결정한다. 그리고, 프로파일이 형성된 후 MN이 임의의 서버넷에 방문하면, 현재 방문중인 서버넷이 프로파일에 있는지를 검색한 후 BU 메시지의 라이프타임 값으로 ALT를 사용한다.

기존 MIPv6과 제안 기법의 성능을 비교한 결과, 기존 MIPv6의 BU 메시지 라이프타임(DLT)이 작을수록, 그리고, MN의 평균 상주시간이 증가할수록, 제안 기법이 BU와 BR 메시지 발생 비율 감소폭이 커지는 것을 알 수 있었다. 즉, 불규칙한 이동성을 보이는 MN의 경우는 ALT를 적용하지 않는 것이 효율적이지만, 임의의 서버넷에서 오랜 시간 상주하는 MN의 경우는 ALT를 적용하는 것이 매우 효율적이다. 이와 같이 제안 기법은 기존 MIPv6보다 BU와 BR 메시지의 수의 감소로 네트워크의 오버헤드, 대역폭 및 통신비용을 줄일 수 있는 잠재성을 가지고 있다.

참고 문헌

- [1] S. Tabbance, "Modelling the MSC/VLR Processing Load due to Mobility Management," in Proc. of IEEE International Conference on Universal Personal Communications., Vol. 1, pp. 741~744, 1998.
- [2] D. B. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," IETF Internet Draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-16.txt, Mar. 2002.
- [3] G. P. Pollini and Chil-Lin I, "A Profile-Based Location Strategy and Its Performance," IEEE Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 8, pp. 1415~1424, 1997.
- [4] Youn-Hee Han, J. M. Gil, and Hwang, "Route Optimization by the Use of Two Care-of Addresses in Hierarchical Mobile IPv6," IEICE Transaction on Communication, Vol. E84-B, No. 4, pp. 892~902, 2001.
- [5] Thomas Narten, Erik Nordmark, and William Allen Simpson. Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6). RFC 2461, Dec., 1998.
- [6] Jim Bound and Charles Perkins, Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6), 1999.
- [7] Stephen E. Deering and Robert M. Hinden. Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification, RFC

2460, Dec. 1998.

[8] Robert Beaver and William Mendenhall, Study Guid for Introduction to Probability and Statistics, Third Edition, Wadsonworth Publishing Company, Inc., 1971.

[9] Katoh, S. and Yanagawa, H., "Research and development on on-board server for Internet ITS," Applications and the Internet(SAINT) Workshops, Proceedings. Symposium on, pp. 35~36, 2002.

[10] Okajima, I., Umeda N., and Yamao, Y., "Architecture and Mobile IPv6 extensions supporting mobile networks in mobile communications," IEEE VTS 54th, Vol. 4, pp. 2533~2537, 2001.

[11] Diagne, M.L., Noel, T. and Pansiot, J.J., "Extension of service location protocol for IPv6 communication mobility," IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Vol. 2, pp. 495~497, 2001.

[12] Han-Chieh Chao, Yen-Ming Chu and Mu-Tae Lin, "The implication of the next-generation wireless network design: cellular mobile IPv6," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 46, pp. 656~663, 2000.



김 성 석

1997년 고려대학교 전산학과 졸업
1999년 및 2003년 고려대학교 컴퓨터학과 석사 및 박사 졸업. 2003년부터 서경대학교 전자상거래학과 교수로 재직. 관심분야는 분산시스템에서 캐싱 및 동시성 제어 기법, 이동 컴퓨팅 시스템에서

정보 서비스 등



황 종 선

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



양 순 옥

1995년 고려대학교 자연자원대학 원예학과 졸업. 2002년 고려대학교 대학원 컴퓨터학과(이학석사). 2002년부터 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정 재학
관심분야는 이동 컴퓨팅 시스템에서의 사용자의 이동성 관리 및 고성능 컴퓨팅 등



송 의 성

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



길 준 민

1994년 고려대학교 자연과학대학 전산학과 졸업(이학사). 1996년 고려대학교 대학원 전산학과 졸업(이학석사). 2000년 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학박사). 1998년 3월 ~ 2002년 9월 고려대학교 기초과학연구소 연구원. 2001년 6월 ~

2002년 5월 일리노이대학교(시카고) 전산학과 Post- Doc. 2002년 10월 ~ 현재 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터 선임초청연구원. 관심분야는 이동 컴퓨팅, 무선 네트워크, 이동 객체 데이터베이스, 분산시스템, 소프트 컴퓨팅 등