

HMIPv6에서 지역적인 환경을 고려한 핸드오프 확률기반의 선택적 Paging 기법[☆]

A Selective Paging Scheme based on Handoff Probability considering Local Environment on HMIPv6

박 시 용* 이 봉 환**

Si-Yong Park Bong-Hwan Lee

요 약

본 논문에서는 HMIPv6 환경에서 모바일 호스트들의 지역적인 환경과 이동 패턴을 고려한 페이징 기법을 제안한다. 제안한 페이징 기법은 지역적인 환경과 모바일 호스트들의 핸드오프 확률에 따라서 적응적으로 페이징 도메인을 구성할 수 있고 핸드오프 확률을 기반으로 단계적으로 페이징을 실시한다. 그리고 본 논문에서는 광장과 같이 이동 패턴이 자유로운 개방된 환경과 도심과 같은 이동 패턴이 제한된 실제 도심 중심지 환경을 기반으로 제안한 기법에 대한 실험을 실시하였다. 실험 결과 본 논문에서 제안한 기법은 비교 기법에 비하여 전체적으로 우수한 성능을 보였고, 특히 호 요청 비율이 많은 실제 도심 환경에서 더 좋은 성능을 보였다.

Abstract

In this paper, we propose a paging scheme considering local environment and moving patterns of mobile hosts on HMIPv6. The proposed paging scheme can adaptively construct a paging domain according to handoff probability of mobile hosts and local environment, and process a paging based on handoff probability stage by stage. For analysis of the proposed paging scheme, we simulate our scheme in two different experiment environments: an open environment like a square and a restricted environment like downtown. In experiment results, the proposed scheme shows superior performance to that of compared scheme all over. Particularly, in case of high call request rate and a restricted environment, the proposed scheme shows better performance.

☞ keyword : Paging, Location Registration, Mobility, Hierarchical Mobile IPv6, Mobility, 페이징, 위치등록, 이동성, 모바일 네트워크

1. 서 론

이동 네트워크에서 IP기반의 통신을 위해서 Mobile IP가 IETF(Internet Engineering TaskForce)

에서 제안되었고, Mobile IP에서는 주소 부족과 QoS에 대한 고려 등이 부족하여 제안된 IPv6의 등장에 따라 Mobile IPv6로 발전하였다. Mobile IPv6에서는 빈번한 핸드오프가 발생하는 마이크로 이동성을 위하여 지역 등록의 개념을 추가한 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)가 제안되었다. Hierarchical Mobile IPv6에서 Mobile host들은 셀들 사이를 자유롭게 이동한다. 그리고 하나의 도메인 내에서 연결 지점이 변화할 때마다 MAP(Mobility Anchor Point)에게만 위치 등록을 실시하여 지연 시간을 줄이고, 이를 기

* 정 회 원 : 대전대학교 교양교육원 교수

sypark@dju.ac.kr

** 종신회원 : 대전대학교 정보통신공학과 교수

blee@dju.ac.kr(교신저자)

[2008/10/01 투고 - 2008/10/06 심사 - 2008/12/26 심사완료]

☆ "본 연구는 지식경제부의 대학 IT연구센터 지원사업 (IITA-2009-C1090-0902-0014) 및 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임"

반으로 이동 중에도 자유롭게 통신을 할 수 있다. 그러나 이러한 위치 등록은 Mobile host가 통신을 하지 않는 Idle한 상태에서도 위치 등록을 수행하기 때문에 많은 시그널링 오버헤드를 발생시킨다[1, 2].

예전부터 셀룰러 네트워크에서는 시그널링 오버헤드를 줄이기 위해서 페이징을 사용해왔다. 페이징이란 Idle한 상태의 모바일 호스트들이 일정 영역 내에서 이동하는 경우에는 위치 등록을 실시하지 않고 도착 호 요청이 발생했을 때 시스템이 모바일 호스트의 위치를 찾아서 도착 호 요청을 알려주는 방법이다.

현재 HMIPv6에서는 페이징을 지원하지 않고 있으며, 시그널링 오버헤드를 줄이기 위해서는 페이징에 관한 연구가 필요하다. 이러한 페이징 기법은 셀룰러 네트워크를 기반으로 많은 발전을 가져왔고, 현재는 IP를 기반으로 하는 이동/무선 네트워크에서 페이징을 지원하기 위한 연구가 진행되고 있다[3].

위치 등록의 시그널링 오버헤드를 줄이기 위해서 적절한 페이징 영역을 구성하는 것이 중요한 문제이다. 그래서 기존의 연구들은 셀룰러 네트워크에서 적절한 페이징 영역을 설정하기 위한 많은 기법들을 제안하였다[3,5,6,8,9]. 페이징 영역을 너무 크게 설정한다면 도착 호가 발생했을 때 해당 모바일 호스트를 찾기 위해서 너무 많은 페이징 비용이 발생한다. 또한 페이징 영역을 너무 작게 설정한다면 위치 등록을 빈번하게 실시하기 때문에 시그널링 트래픽이 많이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 위치 등록과 페이징 간의 Trade off를 생각하여 적절한 페이징 영역을 설정해야 한다. 페이징 영역을 설정할 때 고려되는 중요한 사항은 트래픽 발생 비율과 밀접한 관련이 있는 지역적인 특성이다. 사람들의 이동이 많은 도심 지역과 사람들의 이동이 뜸한 도심의 외곽 지역에 페이징 영역을 설정한다고 가정하자. 도착

호의 발생 비율이 높은 도심 지역에 페이징 영역을 크게 설정한다면, 너무 많은 도착 호에 대한 페이징으로 인하여 Mobile IP의 MAP이나 게이트웨이와 같은 지점에 병목 현상이 발생할 수 있다. 그러나 도심의 외곽 지역에는 도착 호의 발생 비율이 상대적으로 낮기 때문에 페이징 영역을 비교적 크게 설정해도 병목 현상이 발생하지 않을 것이다. 이러한 지역적인 특성을 충분히 고려해야 한다.

페이징 영역을 설정하기 위해서 고려해야 하는 또 다른 중요한 사항은 모바일 호스트들의 이동 패턴이다. [3,6,8]에서는 이동 패턴을 고려하여 페이징 영역의 적절한 거리를 선택하기 위한 연구가 진행되었다. 그러나 기존 연구에서는 모바일 호스트가 마지막으로 위치 등록을 실시한 셀을 기준으로 설정된 거리만큼의 고정된 링 형태로 구성되었기 때문에 실질적인 이동 패턴을 고려하지는 못했다. 이는 선택된 페이징 영역 내에서도 실제 이동이 빈번한 셀들과 그렇지 않은 셀들을 구분하지 않았다는 것을 의미한다. 이와 같은 이유로 본 논문에서는 셀들간의 이동 비율을 고려하여 페이징 영역을 설정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 HMIPv6와 기존의 페이징 기법에 대하여 간략하게 살펴본다. 그리고 3장에서 본 논문에서 지역적인 특성을 고려하고 있는 확률 기반의 선택적 페이징 기법을 제안한다. 4장에서는 제안된 기법에 대한 성능을 평가한다. 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 과제에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

HMIPv6에서는 기존의 MIPv6에 셀들의 소형화에 따른 빈번한 핸드오프의 부담을 줄이고, 계층적으로 관리하기 위하여 MAP(Mobility Anchor Point)라는 새로운 지역 이동성 관리 에이전트를

추가하였다. 모바일 호스트가 만약 MAP 도메인 내부에서 AR(Access Router)들 사이를 이동한다면 HA(Home Agent)와 CN(Correspond Node)에게 위치 등록을 실시하지 않고 MAP에게만 위치 등록을 실시하여 전체적인 네트워크에서의 시그널링 오버헤드와 시간 지연을 감소시켰다. 그러나 MAP 도메인 내에서의 위치 등록으로 인한 오버헤드는 줄이지 못하였고, 모바일 호스트가 Idle 상태에서 AR들 사이를 이동한다면 MAP에게 위치 등록을 실시한다[2].

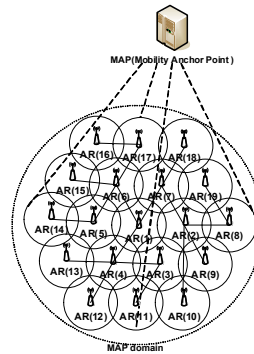
기존의 페이징 기법들은 셀룰러 네트워크인 GSM과 IS 95 시스템을 기반으로 90년대 후반과 2000년대 초반 사이에 활발히 연구가 진행되었다[12,13]. 특히, [12,13]은 각각의 지역 영역에서 연속적으로 페이징을 수행할 수 있는 선택적 페이징 방법을 제안하였다. 2000년대 초반에는 IP를 기반으로 페이징을 수행하는 연구가 진행되었다. 2000년대 후반에 들어와서는 B3G(Beyond 3rd Generation)에 대한 표준화 작업이 활발히 진행되면서 Mobile IP에서의 페이징에 대한 연구가 시작되었다. Mobile IP에서의 페이징 연구는 IPv4를 기반으로 한 것이 대부분이며, 현재는 IPv6에 대한 연구가 필요하다[3,6,9]. [4]에서는 모바일 호스트들의 이동을 이산 시간 마크로프 과정으로 모델링하여, 최적의 페이징 기법과 위치 등록 기법을 선택하는 방법을 제안하였다. IP 기반의 페이징에 대한 또 다른 연구는 무선 LAN환경에서 확장된 SIP을 기반으로 VoIP응용을 위한 페이징 기법을 제안하였다[7].

[10]에서는 IP 네트워크에서의 페이징을 위한 다양한 프로토콜들과 아키텍처를 비교하였다. 그리고 그들은 HA에서의 페이징과 FA에서의 페이징 그리고 도메인 영역에서 페이징을 실시하는 3가지 형태의 페이징 아키텍처를 분류하였다. [6,9]에서는 MIPv4에서의 페이징 기법을 소개하였다. 특히 [6]에서는 Idle 상태에서 빈번한 위치 등록을 감소시키기 위한 P MIP로 불

리우는 새로운 IP 이동 프로토콜을 제안하였다. 그리고 [9]에서는 각각의 모바일 호스트들이 자신의 트래픽과 이동 패턴에 따른 최적의 페이징 영역 크기를 동적으로 계산하여 설정하는 기법을 제안하였다. [3]에서는 X Cast를 이용한 선택적인 IP 페이징 기법을 제안하였다. 이 기법은 멀티캐스트 오버헤드를 소규모 그룹을 위한 X Cast를 이용하여 줄였다.

3. 확률 기반의 선택적 페이징 기법

본 논문에서 제안하는 페이징 기법은 HMIPv6 환경을 기반으로 한다. (그림 1)은 본 논문에서 제안하는 기법의 MAP 도메인 환경을 보인다.

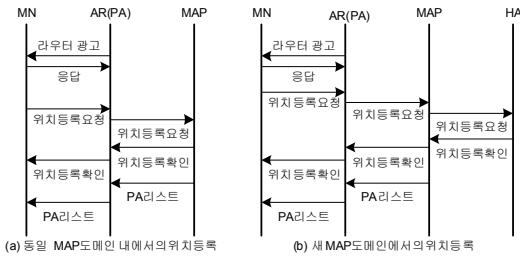


(그림 1) MAP 도메인 구조

(그림 1)에서 MAP 도메인은 하나의 MAP이 관리하는 영역이며 라우팅 기능을 가지는 다수의 AR(Access Router)들로 구성되어 있다. (그림 1)에서 가장 중앙에 있는 AR은 어떤 모바일 호스트가 마지막으로 위치 등록을 실시한 AR이며, 그 AR을 Paging Agent로 설정한다. Paging Agent는 페이징 영역을 설정하기 위한 기준이 된다. 이런 방법에 의하면 각각의 모바일 호스트들에 대한 페이징 부담이 분산되고 병목 현상을 방지할 수 있다[5].

본 논문의 제안 기법에서는 모바일 호스트들

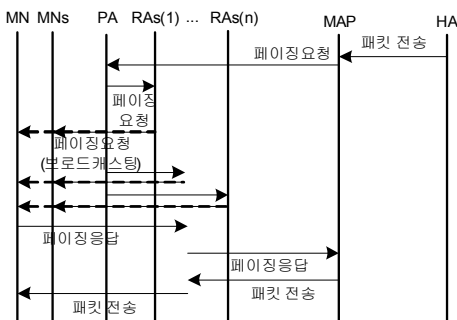
의 핸드오프 확률과 거리에 따라 전체 페이징 영역을 계층적인 부페이징 영역들로 나누고, 도착 호가 발생했을 때 단계적으로 계층적인 부페이징 영역들에서 해당 모바일 호스트를 찾는다. 본 논문에서 제안하는 페이징 기법의 전체적인 흐름은 다음과 같다.



(그림 2) 위치 등록 과정

(그림 2)에서는 제안 기법의 위치 등록 과정을 보이고 있으며, PA리스트는 MAP 도메인내의 AR들의 목록을 의미하고 MAP이 PA 리스트를 정의하기 위해서 자신의 도메인 내에서 모바일 호스트들의 이동 패턴을 추정하여 handoff probability map을 구성한다. handoff probability map은 MAP도메인 내에서 각 셀들간의 핸드오프 확률을 정의한 테이블이다.

MAP은 모바일 호스트가 위치 등록을 수행한 AR을 Paging Agent로 설정하고, handoff probability map을 이용하여 계층적인 부페이징 영역들을 설정한다.

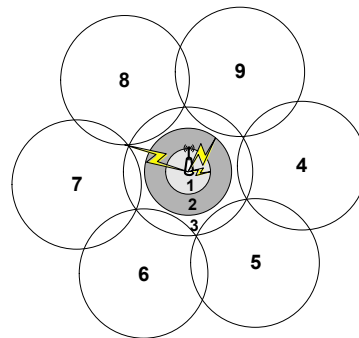


(그림 3) 페이징 요청 과정

(그림 3)에서는 제안한 기법의 페이징 요청 과정을 보이고 있다. MAP 도메인내의 모바일 호스트에 연결 요청이 들어오면 MAP은 데이터를 버퍼링하고 Paging Agent에게 페이징 요청 메시지를 전달한다. Paging Agent는 각 부페이징 영역의 AR들에게 페이징 요청 메시지를 순차적으로 브로드캐스트한다. 그리고 모바일 호스트가 발견되면 해당 AR에게 버퍼링한 패킷을 전달하고, AR은 모바일 호스트에게 전달받은 패킷을 전송한다. 모바일 호스트는 연결이 지속하는 동안 해당 AR을 통하여 위치 등록을 수행한다.

3.1 Handoff Probability MAP

본 논문에서는 핸드오프 확률과 거리를 기반으로 계층적 페이징 영역을 구성한다. 핸드오프 확률을 MAP에서 유지 관리하기 위해서 Handoff Probability Map을 이용한다. 먼저, Handoff Probability Map을 구성하기 위하여 핸드오프 확률을 추정하여야 한다. 핸드오프 확률은 모바일 호스트들의 이동 비율에 따라서 [13]의 제안 방법을 이용하여 추정한다.



(그림 4) 내부 영역을 포함한 셀 구조

[13]에서는 셀을 섹터 안테나를 이용하여 3개의 내부 영역으로 구분하고, 그 내부 영역간의 이동 비율을 가약 마코프 체인을 이용하여 모

텔링하고 핸드오프 확률을 추정하였다. [13]에서는 셀 내부 영역을 구분하기 위해서 비콘 메시지의 강도나 섹터 안테나를 이용하였다. (그림 4)에서는 비콘 메시지의 강도에 의해서 구분된 셀 내부 영역을 보여준다. 그리고 1, 2, 3은 셀 내부 영역이고, 4, 5, 6, 7, 8, 9는 이웃 셀들이다.

Handoff Probability Map을 구성하기 위해서 MAP 도메인 내의 모든 셀들에 대하여 [13]에서 제안한 핸드오프 확률 추정방법에 따라 (식 1)과 같은 핸드오프 확률을 추정한다. (식 1)의 MAP 도메인 핸드오프 확률 행렬은 19개의 셀을 가지고 있는 MAP 도메인을 가정한다. (식 1)에서 각각의 원소 $P_{i,j}$ 는 셀(혹은 내부영역) i 에서 셀(혹은 내부영역) j 로의 핸드오프 확률을 의미한다.

$$P_{map} = \begin{pmatrix} 0 & P_{12} & P_{13} & P_{14} & P_{15} & P_{16} & P_{17} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{21} & 0 & P_{23} & 0 & 0 & 0 & P_{27} & P_{28} & P_{29} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{31} & P_{32} & 0 & P_{34} & 0 & 0 & 0 & P_{39} & P_{310} & P_{311} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{41} & 0 & P_{43} & 0 & P_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{411} & P_{412} & P_{413} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{51} & 0 & 0 & P_{54} & 0 & P_{56} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{513} & P_{514} & P_{515} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{61} & 0 & 0 & P_{63} & 0 & P_{67} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{615} & P_{616} & P_{617} & P_{618} & P_{619} & 0 & 0 & 0 \\ P_{71} & P_{72} & 0 & 0 & 0 & P_{76} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{82} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{89} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{92} & P_{93} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{98} & 0 & P_{910} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{103} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{109} & 0 & P_{1011} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{113} & P_{114} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1110} & 0 & P_{1112} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{124} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1211} & 0 & P_{1213} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{134} & P_{135} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1312} & 0 & P_{1314} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{145} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1413} & 0 & P_{1415} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{155} & P_{156} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1514} & 0 & P_{1516} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{166} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1615} & 0 & P_{1617} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{176} & P_{177} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1716} & 0 & P_{1718} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{187} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1817} & 0 & P_{1819} & 0 & 0 \\ 0 & P_{192} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{197} & P_{198} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1918} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

(식 1)

(식 1)은 거리가 1인 MAP 도메인 핸드오프 확률이다. 거리가 1보다 많이 떨어진 셀들간의 핸드오프 확률은 (식 2)에서 정의한다.

$$P_{ij} = P_{ia} \times P_{aj} \quad (식 2)$$

3.2 계층적인 페이징 영역 구성

계층적으로 부페이징 영역들을 설정하기 위

해서 Paging Agent를 기준으로 거리 1부터 거리 D_{sub} 사이에 있는 모든 셀들의 핸드오프 확률을 검사하여 임계값(α_1) 이상인 셀들은 부페이징 영역에 포함시킨다. 부페이징을 나누기 위한 기준 거리 D_{sub} 는 (식 3)과 (식 4)에서 정의한다.

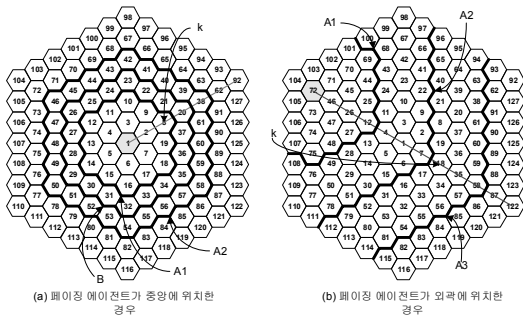
$$d = \begin{cases} \left\lfloor \frac{D_{size}}{N_{div}} \right\rfloor & , D_{size} > N_{div} \\ 1 & , D_{size} \leq N_{div} \end{cases} \quad (식 3)$$

(식 3)에서 D_{size} 는 최대 페이징 영역 거리이고, N_{div} 는 페이징 영역에서 나누기를 원하는 부페이징 영역의 개수이다.

$$D_{sub} = \begin{cases} d + \lfloor (MR-1)d \rfloor & , MR > 1 \text{ and } d \neq 1 \\ d & , MR \leq 1 \text{ and } d \neq 1 \\ 1 & \text{etc} \end{cases} \quad (식 4)$$

(식 4)에서는 모바일 호스트들의 이동비율(MR)에 따라 D_{sub} 를 차별화한다. MR은 r_m / r_s (호 이동률/호 도착률)로 정의되고, 1보다 크다는 것은 모바일 호스트가 많이 이동한다는 것을 의미하기 때문에 부페이징 영역 1에 포함될 셀들의 범위를 크게 한 것이다.

(그림 5)는 페이징 영역의 최대 크기를 기준으로 부페이징 영역을 나누기 위한 기준 거리를 설정하는 방법을 설명하고 있다. (그림 5)에서 셀1부터 셀 127까지는 하나의 MAP도메인이라고 가정한다. (그림 5)의 (a)는 Paging Agent가 중앙인 셀 1에 위치한 경우이고, (b)는 외곽에 위치한 경우이다. (a)에서 A1과 A2는 $MR \leq 1$ 인 경우의 기준 거리이고 (b)는 $MR > 1$ 인 경우의 기준 거리이다. (그림 5)에서 변수는 (a)의 경우에 $k=6$, $D_{size}=6$, $N_{div}=6$ 이고 (b)는 $k=11$, $D_{size}=9$, $N_{div}=3$ 으로 정의 하였다.



(그림 5) 페이징 영역의 최대 크기와 부페이징을 나누기 위한 기준 거리

(그림 5)의 (b)에서는 k 가 11임에도 불구하고 D_{size} 가 9인 이유는 (b)에서는 Paging Agent로부터 너무 먼 거리의 셀들 때문에 페이징에서 발생하는 초기 지연 시간을 고려하여 D_{size} 를 9로 설정하였고 또한 $N_{div}=3$ 으로 설정하였기 때문에 (식 3)에서 D_{size} 를 9보다 크게 설정하여도 동일한 결과를 보인다. 그러므로 (b)에서 D_{size} 가 9를 설정하였지만 최대값을 설정한 경우와 동일한 효과를 가진다.

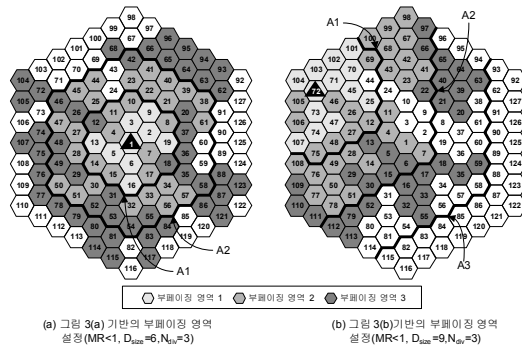
(식 6)은 부페이징 영역을 나누기 위한 기준을 정의한다.

$$PA_m = \{ \forall i, j \mid P_{i,j} \geq \alpha_m \}, i = 0, \dots, m \times D_{sub} - 1$$

$$(j = \prod_{n=1}^{m \times D_{sub}} j \in Depth \ n \ Cells) I \left(\prod_{r=1}^{m-1} j \notin PA_r \right) \quad (식 \ 6)$$

(식 6)에서 α_i 는 부페이징 영역 i 에 속하기 위한 임계 핸드오프 확률이고 m 은 부페이징 영역의 개수이다.

(그림 6)에서는 부페이징 영역 설정의 결과를 보이고 있다. 본 논문에서 제안하는 기법에서는 각각의 부페이징 영역 거리는 일정하지 않다. 그리고 동일한 부페이징 영역일지라도 방향에 따라서 페이징 거리가 달라질 수 있다. 그 이유는 Paging Agent로부터 동일 거리에 있는 셀들



(그림 6) 부페이징 영역 설정

일지라도 핸드오프 확률에 따라서 서로 다른 부페이징 영역에 속할 수 있기 때문이다.

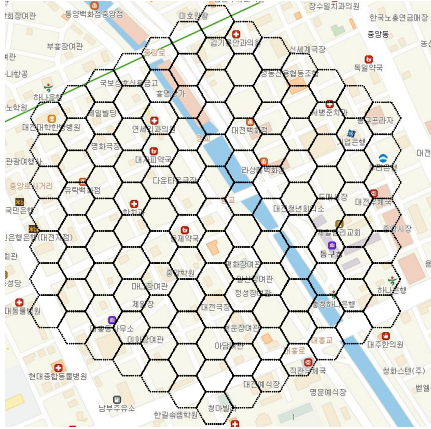
4. 실험 및 성능 평가

본 장에서는 제안한 페이징 기법에 대한 성능을 평가한다. 먼저 Handoff Probability MAP을 구성하기 위해서 커널 2.6.9 버전의 Linux환경에서 C 언어로 작성된 S/W 가상 실험 환경을 구성하였다. 가상 실험을 측정할 단위 시간은 30에서 70으로 변화시키며 실험을 실시하였고, 하나의 단위 시간에 모바일 호스트들은 이웃 셀로 이동하거나 셀 내부 영역 사이를 이동할 수 있다. 각각의 모바일 호스트들은 3종류의 속도(Fast, Normal, Slow)중 하나를 생성 시에 할당 받고, 두 종류의 가상 실험 환경을 자유롭게 이동하게 하였다. 전체 셀의 개수는 127개이고 모바일 호스트들의 생성과 지속 시간은 각각 포아송 분포와 지수 분포를 따른다고 가정하였다. 비교 분석을 위해서 [7]에서 제안한 P MIP와 실험 결과를 비교한다.

4.1 실험 환경

기법들의 다양한 성능 평가를 위해서 본 논문에서는 두 종류의 실험환경에서 실험을 실시하였다. 먼저 이동상의 아무런 제약이 없는 광

장과 같은 개방된 환경에서 모바일 호스트들이 자유롭게 이동하는 것을 가정하고 실험하였다.



(그림 7) 실제 도심에서의 가상실험환경(대전역 부근)

두 번째 실험 환경은 모바일 호스트들의 이동에 제약이 있는 실제 도심 환경을 가정하였다. 이러한 환경에서는 도심의 건물이나 하천과 같은 지형적 특성에 의해서 모바일 호스트들의 이동 경로는 제약을 받는다. (그림 7)은 대전역 부근의 도심 환경을 127개의 셀로 나눈 실험 환경을 보인다.

4.2 비용 함수

제안 기법의 성능을 평가하기 위해 모바일 호스트가 가상 실험 환경을 이동하면서 발생하는 비용을 정의한다. 먼저 모바일 호스트들이 이동함에 따라 발생하는 비용은 (식 7)과 같이 위치 등록 비용과 페이징 비용으로 나눌 수 있다.

$$Cost_{system} = Location_c + Paging_c \quad (식 7)$$

페이징이나 위치 등록이 발생하였을 때 메시지 전송으로 인하여 발생하는 비용 함수를 정의한다. 먼저 (표 1)에서 비용 함수에 사용할 변수들을 정의한다.

(표 1) 비용 함수의 변수

기호	내 용
C_p	한 셀에서의 페이징 메시지 전송 비용(무선 링크)
T_p	한 홉당 페이징 메시지 전송 비용(유선 링크)
C_L	한 셀에서의 위치 등록 비용(무선 링크)
T_L	한 홉당 위치 등록 비용(유선 링크)
$d_{AR,PA}$	모바일 호스트가 존재하는 셀의 AR에서 Paging Agent까지의 거리(홉수)
$d_{AR,MAP}$	모바일 호스트가 존재하는 셀의 AR에서 MAP까지의 거리(홉수)
$d_{PA,MAP}$	Paging Agent에서 MAP까지의 거리(홉수)
$d_{MAP,HA}$	MAP에서 Home Agent까지의 거리(홉수)

(식 8)에서는 모바일 호스트가 동일 MAP도메인 내에서의 위치 등록 과정을 정의한다.

$$L_{area} = 3C_L + 3T_L d_{AR,MAP} \quad (식 8)$$

그리고 (식 9)에서는 MAP 도메인 영역을 벗어났을 때의 위치 등록 과정을 정의한다.

$$L_{domain} = 3C_L + 3T_L d_{AR,MAP} + 2T_L d_{MAP,HA} \quad (식 9)$$

(식 10)에서 페이징 비용 함수를 정의한다.

$$P_{delivery} = \sum_{i=1}^{N_{div}} \frac{N_i \sum_{a=1}^i N_a (C_p + T_p d_{AR,PA})}{N_{total}} + T_p d_{MAP,HA} + T_p d_{PA,MAP} + C_p + T_p d_{AR,MAP} \quad (식 10)$$

4.3 성능 평가

제안 기법과 비교 기법의 성능 분석을 위하여 실험에 사용된 변수의 값을 (표 2)에서 표시한다. (표 2)에서 실험의 편의를 위해 메시지의 크기는 동일하다고 가정하였다.

가상 실험 환경에서 3000개의 모바일 호스트들을 생성시키고, 호 요청률을 10%에서 40%로

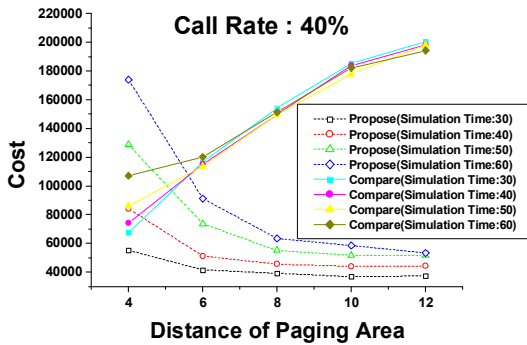
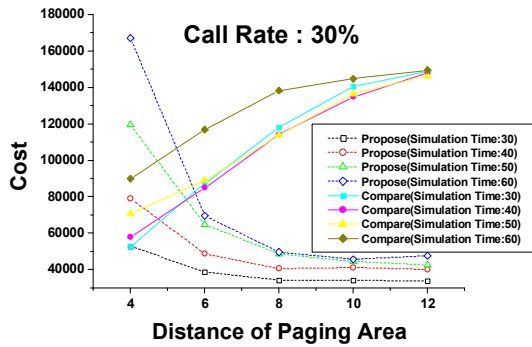
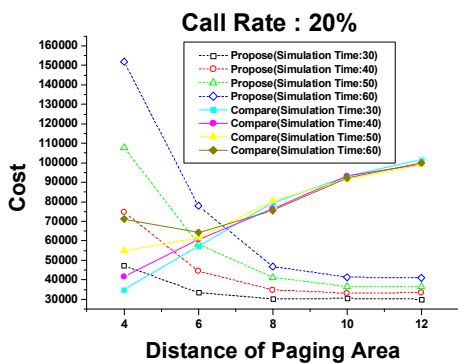
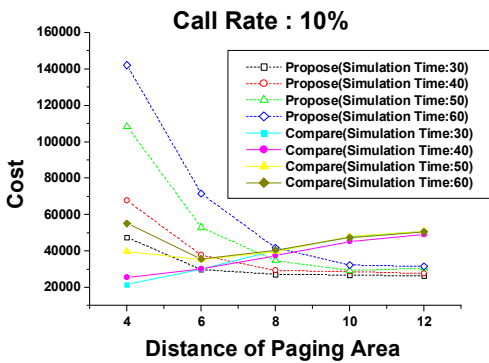
변경하며 실험을 실시하였다. 또한 모바일 호스트들의 이동 비율을 20%, 40%, 60%로 변화하였고, 최대 페이징 도메인 영역의 크기(D_{size})를 4, 6, 8, 10, 12로 나누어서 성능을 평가하였다.

(표 2) 실험 변수 값

변수	값	변수	값	변수	값	변수	값
$\alpha_i (i = 1, 2, \dots, n)$	0.1^i	$d_{AR,MAP}$	3	C_L	0.5	T_L	0.3
C_p	0.5	$d_{PA,MAP}$	3	$d_{MAP,HL}$	5	T_p	0.3

4.3.1 개방된 환경에서의 성능 평가

본 절에서는 이동의 제약이 없는 개방된 환경에서의 성능을 평가한다. (그림 8)에서는 이동 비율이 20%(이동이 적음)인 경우에 호 요청률의 변화에 따른 성능을 보인다.



(그림 8) 개방된 환경에서의 성능(이동 비율 :20%)

전체적인 성능은 페이징이 발생하는 호 요청률이 높을수록 비교 기법보다 제안 기법의 성능이 향상됨을 보인다. 그리고 페이징 도메인 영역의 크기가 클수록 제안 기법의 성능은 향상되지만 비교 기법의 성능은 저하됨을 알 수 있다.

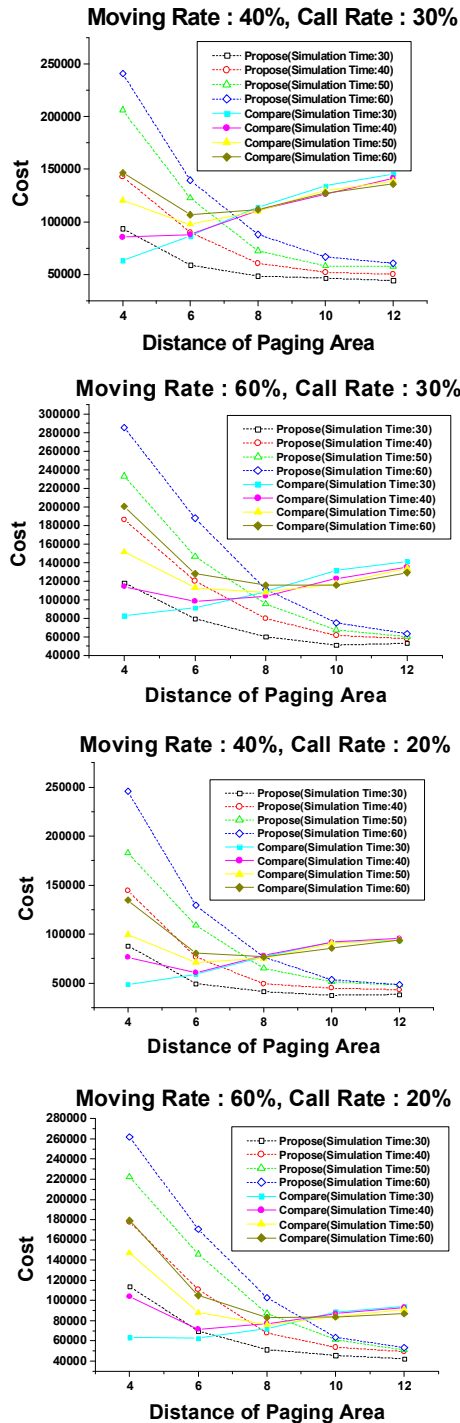
위치 등록의 측면에서 페이징 도메인 영역이 작을수록 제안 기법에서는 페이징 영역 밖으로 이동하는 위치등록이 많이 발생하고 비교 기법에서는 페이징 영역 밖으로 이동하는 위치 등록이 작게 발생함을 의미한다. 전체 페이징 영역이 작은 경우에는 비교 기법이 제안 기법에 비하여 페이징 도메인에 속하는 셀의 개수가 많기 때문에 더 큰 비용이 발생하는 페이징 도메인 밖의 위치 등록이 작게 발생한다. 그러므

로 페이징 도메인 크기가 작을수록 비교 기법의 성능이 더 좋게 나타난다.

페이징의 측면에서는 페이징 도메인의 크기가 작으면 이동 확률에 따라서 이동할 셀들의 수가 작기 때문에 두 기법간의 페이징의 비용 성능 차이는 많이 발생하지 않는다. 그러나 페이징 도메인의 크기가 커지면 비교 기법에서는 항상 페이징 도메인내의 모든 셀에 호 요청을 위한 메시지를 보내지만 제안 기법에서는 이동할 확률이 높은 셀의 순서로 단계적으로 호 요청 메시지를 보내기 때문에 제안기법의 성능이 더 우수함을 알 수 있다.

전체적인 비용 측면에서 제안 기법은 페이징 도메인의 증가에 따른 위치 등록 비용의 감소가 페이징 비용의 증가보다 크기 때문에 전체적인 비용은 감소한다. 그러나 비교 기법에서는 위치 등록 비용의 감소보다 페이징 비용의 증가가 크기 때문에 페이징 도메인의 크기가 증가할수록 전체 비용은 더 증가한다.

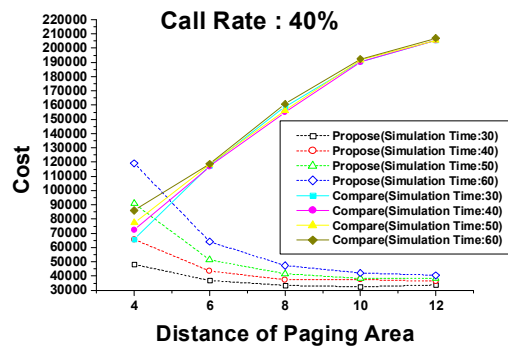
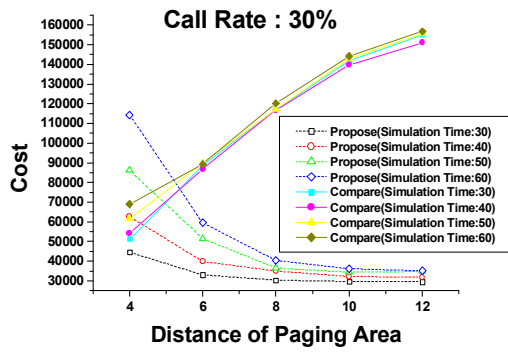
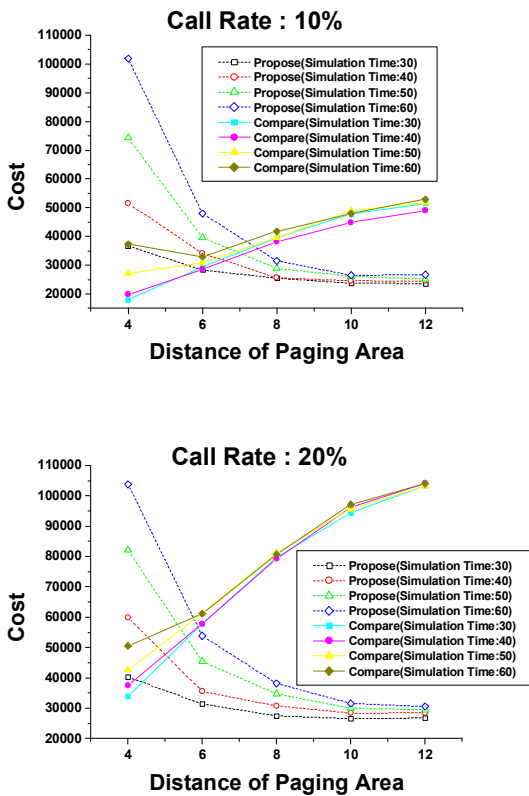
도메인 영역의 크기가 증가할수록 제안 기법의 비용이 작아지는 이유는 가장 많은 비용을 발생시키는 도메인 영역 밖의 위치 등록 비용이 많이 줄어들고, 확률에 따른 호 요청 셀을 찾는 페이징 기법 때문에 페이징 비용 부담이 많이 증가하지 않기 때문이다. 도메인 영역의 크기가 증가할수록 비교 기법의 비용이 많이 발생하는 이유는 도메인 영역 밖의 위치 등록 비용의 감소 폭에 비하여 페이징 비용이 많이 발생하기 때문이다. 그리고 호 요청 비율이 작으면 페이징 비용이 작게 발생하므로 호 요청 비율이 작을수록 두 기법에서 작은 비용이 발생한다.



(그림 9) 개방된 환경에서 이동 비율(40%, 60%)에 따른 성능 평가

(그림 9)에서는 호 요청 비율이 30%와 20%인 경우에 이동 비율이 40%와 60%인 경우의 성능을 보이고 있다. (그림 9)에서 이동 비율이 높을수록 모바일 호스트들은 셀들간의 이동이 많이 발생하여 위치 등록 비용이 높아지기 때문에 전체적인 비용이 증가한다. 그리고 (그림 9)에서는 이동 비율이 낮을수록 제안 기법은 비교 기법과 비교하여 성능이 향상되었다. 그 이유는 이동 비율이 작으면 모바일 호스트의 위치 등록 비용의 차이가 작게 발생하기 때문이다.

4.3.2 제한된 환경에서의 성능 평가



(그림 10) 제한된 환경에서의 성능(이동 비율 :20%)

본 절에서는 (그림 7(대전역 부근))의 실제 환경을 기반으로 실험을 실시한 결과를 보인다. (그림 7)과 같은 환경은 건물과 도로에 따라 모바일 호스트들의 이동 방향이 제한을 받고, 도심의 많은 이벤트에 의해서 모바일 호스트들이 특정한 방향으로 이동하는 경우도 많이 있다. 그러므로 이러한 환경을 기반으로 한 기법들의 성능은 개방된 환경에서의 실험 결과와는 다른 성능을 보인다.

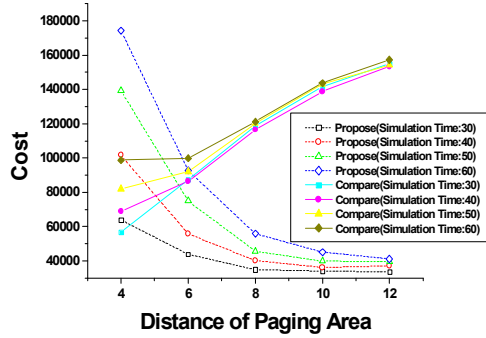
먼저 (그림 10)은 (그림 8)과 유사하게 모바일 호스트들의 이동 비율이 20%인 경우의 실험 결과이다. 전체적인 성능은 제안 기법이 비교 기법에 비하여 우수한 성능을 보인다. 특히, 개방된 환경과 비교하면 페이징 도메인 영역이 작은 경우에도 비교적 정확한 모바일 호스트의 이동 경로 추정이 가능하기 때문에 제안 기법의 성능은 많이 향상되었고, 비교 기법의 성능

은 별다른 차이를 보이지 않는다.

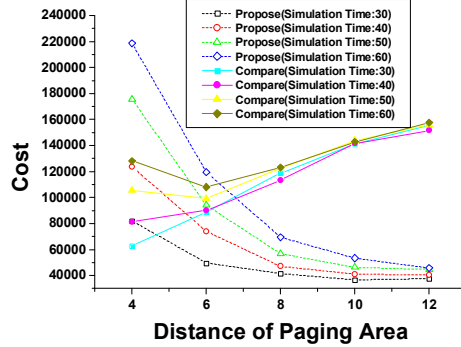
호 요청율이 20%이고 페이징 영역의 거리가 6인 경우에서 개방된 환경에서는 제안 기법의 실험 시간이 30과 40에서 가장 많은 비용이 발생하였으나, 제한된 환경에서는 비교 기법의 모든 경우가 제안 기법보다 더 많은 비용이 발생하였다.

(그림 11)에서는 호 요청률이 20%와 30%일 때 이동 비율의 변화에 따른 성능을 보인다. (그림 9)의 개방된 환경에 비하여 제안 기법의 성능이 많이 향상 됨을 보인다. 제한된 환경에서도 개방된 환경과 마찬가지로 이동 비율이 증가할수록 위치 등록 비용의 증가에 의해서 제안 기법과 비교 기법간의 차이가 약간 줄어들었지만 전체적으로 제안 기법의 비용이 작게 발생하였다.

Moving Rate : 40%, Call Rate : 30%

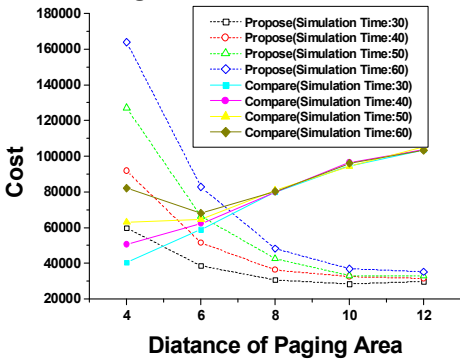


Moving Rate : 60%, Call Rate : 30%

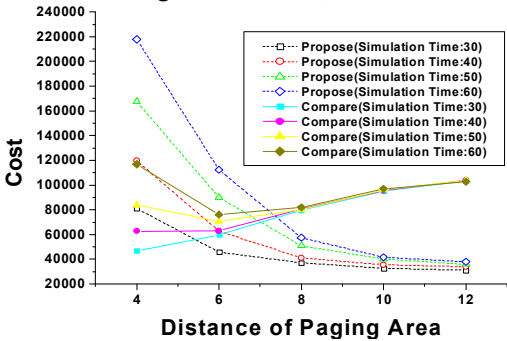


(그림 11) 제한된 환경에서 이동 비율(40%, 60%)에 따른 성능 평가

Moving Rate : 40%, Call Rate : 20%



Moving Rate : 60%, Call Rate : 20%



5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 지역 등록의 개념을 추가한 HMPv6환경에서 모바일 호스트들의 전체적인 트래픽 비용을 감소시킬 수 있는 새로운 페이징 기법을 제안하였다. 제안한 페이징 기법의 특징은 모바일 호스트들의 이동 비율에 따라서 동적으로 페이징 영역을 설정할 수 있고, 또한 모바일 호스트들의 이동 패턴을 반영하여 정형화되지 않은 페이징 도메인 영역을 제공한다. 특히, 페이징 영역 설정을 위하여 모바일 호스트들의 핸드오프 확률을 이용하여 실제 이동

패턴에 따른 페이징 도메인 영역을 구성하였다.

본 논문에서 제안한 기법의 성능을 평가하기 위해서 두 종류의 실험 환경을 기반으로 실험을 실시하였다. 이동 패턴이 자유로운 개방된 환경과 이동 패턴이 제한된 도심환경을 기반으로 실험한 결과 본 논문에서 제안하는 기법은 전체적으로 우수한 성능을 보이지만, 특히 이동 패턴이 제한된 도심 환경에서 더 우수한 성능을 보였다.

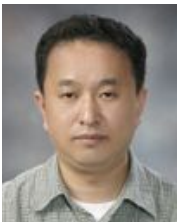
제안된 기법에서는 아직 지연 시간에 대한 고려가 부족하다. 향후 이 기법은 지연 시간을 줄이기 위해서 모바일 호스트들의 체류 시간을 고려한 적응적인 페이징 순서를 결정하는 방법에 대한 연구가 더 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] David B. Johnson, Chales E. Perkins, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] H. Soliman et al., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management" IETF RFC 4068, July 2005.
- [3] Sangheon Pack et al., "A Cost Effective Approach to Selective IP Paging Scheme Using Explicit Multicast", Elsevier Computer Communications, vol. 29 no. 16, pp. 3066 3078, Oct. 2006.
- [4] B. Hajek, K. Mitzel, Sichao Yang, "Paging and Registration in Cellular Networks: Jointly Optimal Policies and an Iterative Algorithm", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 54 no. 2 pp.608 622, Feb. 2008.
- [5] Jiang Xie, Ian F. Akyildiz, "A Novel Distributed Dynamic Location Management Scheme for Minimizing Signaling Costs in Mobile IP", IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 1 no. 3, pp. 163 175, July 2002.
- [6] C. Castelluccia, "Extending Mobile IP with Adaptive Individual Paging", ACM Mobile Computing and Communication Review, vol. 8 no. 5, pp. 427 441, Sep. 2002.
- [7] B. Sarikaya, X. Zheng, "SIP Paging and Tracking of Wireless LAN Hosts for VoIP", IEEE Transactions on Networking, vol. 16 no. 3 pp. 539 548, June 2008.
- [8] I. F. Akyildiz et al., "Mobility Management in Next Generation Wireless Systems", in Proc. IEEE, vol. 87, pp. 1347 1384, August 1999.
- [9] X. Zhang, J. Castellanos, and A. Campbell, "PMIP: Paging Extensions for Mobile IP", ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications, vol. 7, no. 2, pp. 127 141, April 2002.
- [10] R. Ramjee, L. Li, T. La Porta, and S. Kasera, "IP Paging Service for Mobile Hosts", ACM/Kluwer Wireless Networks, vol. 8 no. 5, pp. 427 441. September 2002.
- [11] J. Kempf and P. Mutaf, "IP Paging Considered Unnecessary: Mobile IPv6 and IP Paging for Dormant Mode Location Update in Macrocellular and Hotspot Networks", in Proc. IEEE WCNC 2003, March 2003.
- [12] S. Sen, A. Bhattacharya, and S. Das, "A Selective Location Update Strategy for PCS Users", ACM/Kluwer Wireless Networks, vol. 5, no. 5, pp. 313 326, September 1999.
- [13] I. Akyildiz, J. ho, and Y. Lin, "Movement Based Location Update and Selective Paging for PCS Networks", IEEE/ACM Transaction on Networking, vol. 4 no. 4, pp. 629 638, August 1996.
- [14] Si Ying Park, Ki Dong Chung, "Dynamic Resource Reservation using the Differentiated Handoff Estimation Model for Mobile Networks", Lecture Notes in Computer Science,

- vol. 3129, June 2004.
- [15] Guoliang Xue, "An Improved Random Walk Model for PCS Networks", IEEE Transactions on Communications, vol. 50, no. 8, pp. 1224-1226, Aug. 2002.
- [16] Ian F. Akyildiz, Yi Bing Lin, Wei Ru Lai and Rong Jaye Chen, "A New Random Walk Model for PCS Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 18, no. 7, pp. 1254-1260, July 2000.
- [17] R. Jain and Y. B. Lin, "An Auxiliary User Location Strategy Employing Forwarding Pointers to Reduce Network Impact of PCS," ACM Baltzer Journal of Wireless Networks, vol. 1, no. 2, pp. 197-210, July, 1995.

● 저 자 소 개 ●



박 시 용(Si-Yong Park)
1997년 경성대학교 전자계산학과 졸업(학사)
2001년 부산대학교 대학원 멀티미디어학과 졸업(석사)
2005년 부산대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)
2006~현재 대전대학교 교양교육원
관심분야 : 모바일컴퓨팅, 네트워크 QoS, 센스네트워크, 임베디드 컴퓨팅 등
E-mail : syark@dju.ac.kr



이 봉 환(Bong-Hwan Lee)
1985년 서강대학교 전자공학과 졸업(학사)
1987년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
1993년 Texas A&M 대학교 대학원 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)
1995~현재 대전대학교 정보통신공학과 교수
관심분야 : 클라우드컴퓨팅, 유비쿼터스헬스케어, 네트워크보안 등
E-mail : blee@dju.ac.kr