

이동 통신 시스템에서 이동 단말의 방향성을 고려한 위치 관리 기법

(A Location Management Scheme using Direction Characteristics of Mobile Terminals in Mobile Communication Systems)

김 태 수 [†] 송 의 성 ^{**} 한 연 희 ^{***} 황 중 선 ^{****} 길 준 민 ^{*****}

(Tae-Soo Kim) (Ui-Sung Song) (Youn-Hee Han) (Chong-Sun Hwang) (Joon-Min Gil)

요 약 최근 이동 단말 사용자의 폭발적인 증가로 인해 이동 통신 시스템에서 이동 단말 사용자의 위치 추적을 위한 위치 관리가 중요해지고 있다. 그러나, 이전의 위치 관리 기법들은 사용자의 이동 방향에 대한 고려 없이 정적인 이동 정보만을 사용하고 있다. 이러한 기법들은 불필요한 페이징을 초래하고, 결과적으로 위치 관리 비용을 증가시켰다. 본 논문에서는 이동 단말 사용자의 이동 특성을 고려한 새로운 위치 관리 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 사용자의 이동성을 표현하는 방향 벡터를 정의하고 위치 등록이 발생한 셀로부터의 거리를 계산하기 위해 방향 벡터를 사용된다. 또한 방향 벡터의 상쇄 연산에 의해서 위치 등록의 수행 여부를 결정한다. 따라서, 사용자의 이동 방향 특성에 따라 사용자의 위치 영역이 동적으로 생성되며 페이징 영역의 폭도 동적으로 결정된다. 게다가, 본 논문에서는 제안하는 기법의 분석 모델을 제시한다. 비교를 위해서 거리 기반 기법을 또한 분석하였다. 수치적 분석 결과는 매우 낮은 CMR의 경우를 제외한 대부분의 경우에서 거리 기반 기법보다 효율적임을 보여준다. 특히, 사용자가 특정 방향으로 이동할수록, 제안하는 기법은 거리 기반 기법보다 낮은 위치 관리 비용을 갖는다.

키워드 : 이동 통신 시스템, 위치 관리, 위치 갱신, 페이징, 이동 방향

Abstract Recently, as the number of mobile users keeps increasing explosively, the location management to track the mobile users in mobile communication systems is being more important. However, the previous location management schemes have been used static location information without the consideration of a user's moving direction. This results in unnecessary paging, consequently it increases location management costs. In this paper, we propose a new location management scheme using a user's mobility. The direction vector is used to compute a distance from the cell occurred a location update. It also determines whether the location update will be executed or not, by the offset operation of direction vector. Thus, a user's paging areas are generated dynamically along the user's moving direction. The wide of paging areas is also determined dynamically. Besides, we present analytic model for our scheme. To compare with our scheme, the distance-based scheme is analyzed. The numerical result shows that our scheme is more efficient than the distance based scheme in the most cases except a low CMR. Particularly if a user move into a specific direction, our scheme has the lower location management cost than that of the distance-based scheme.

Key words : Mobile Communication Systems, Location Management, Location Update, Paging Moving Direction

· 본 논문은 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업(과제번호 : 2001-133-21)으로 수행되었음

† 비 회 원 : LG텔레콤 전략개발실 연구원
tskim@lgtel.co.kr

** 비 회 원 : 고려대학교 기초과학연구소 연구원
ussong@disys.korea.ac.kr

*** 비 회 원 : 삼성중합기술원 i-Networking Lab 연구원

yghan@sait.samsung.co.kr

**** 종 신 회 원 : 고려대학교 컴퓨터학과 교수
hwang@disys.korea.ac.kr

***** 비 회 원 : 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터 연구원
jmgil@hpcnet.net

논문접수 : 2002년 1월 12일

심사완료 : 2002년 11월 7일

1. 서론

무선 통신망 기술의 급속한 발전과 팽목함만한 컴퓨터 하드웨어 성능의 향상으로 인하여 앞으로의 컴퓨터 시스템은 사용자의 물리적 위치에 관계없이 언제 어느 곳에서나 원하는 정보를 손쉽게 접근할 수 있는 이동 컴퓨팅 환경이 가능하게 될 것이다. 따라서, 노트북에서 PDA(Personal Digital Assistance)까지 이르는 개인용 휴대 컴퓨터의 사용이 점점 늘어나면서 가까운 장래에 수천만의 사용자가 무선 장비를 통해 범세계적 정보 네트워크에 접근하게 될 것이다.

이러한 추세로 인해, 이동 통신 시스템(mobile communication systems)에서 이동 단말(Mobile Terminal: 이하 MT) 사용자의 위치를 추적하는 위치 관리(location management)가 매우 중요하게 되었다. 이동 통신 시스템에서 위치 관리는 각 MT에 대한 위치 정보를 유지, 관리하며 MT에 대한 착 호 설정을 효율적으로 처리하기 위한 절차를 다룬다. 현재의 이동 통신 시스템은 MT가 자신의 위치를 시스템에게 알려주는 위치 갱신(location update)과 착 호 발생 시 호 설정을 위해 시스템이 방송하는 페이징(paging)이라는 두 가지 연산을 통해서 위치 관리를 수행한다. 그러나, 위치 갱신 비용과 페이징 비용은 서로 상쇄 관계(trade-off)에 있기 때문에 위치 관리 비용을 최소화하기가 쉽지 않다[1].

현재 대부분의 이동 통신 시스템은 위치 관리를 위해 여러 개의 셀을 그룹화시킨 위치 영역(location area)의 개념을 사용하고 있다. 즉, MT는 위치 영역이 변경될 때마다 위치 갱신을 수행하며 착 호 발생 시에는 MT가 위치 갱신을 수행한 위치 영역을 페이징하여 MT의 위치를 찾아낸다. 위치 영역의 기법이 비록 현재의 이동 통신 시스템에서 채택되어 사용되고 있지만, 이 기법은 다소 비효율적인 요소를 내포하고 있다. 우선, 위치 영역이 많은 수의 셀로 구성된 경우에는, 특정 MT에 대한 착 호가 발생하면 페이징을 위하여 상당한 양의 네트워크 트래픽을 소비하게 된다. 아울러, 위치 영역의 경계에 위치한 MT가 두 위치 영역의 경계를 자주 건너면서 이동할 경우 잦은 위치 갱신을 수행하게 된다. 이는 곧 과도한 네트워크 트래픽을 유발하며 사용자의 현재 위치를 저장하고 있는 데이터베이스에 잦은 갱신을 요구함으로써 전체적으로 이동 통신 시스템의 성능을 저하시킨다.

앞서 언급한 단점들을 극복하고자 MT의 호 도착률(call arrival rate), CMR(Call to Mobility Ratio) 등을 고려한 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구들은 개별 사

용자의 특성을 고려한 동적 위치 관리 기법으로서 기존의 위치 관리 기법의 단점들을 다양한 각도에서 개선하고자 하였다. 그러나 이들 기법에서도 이동 단말의 중요 특성인 이동 방향성을 고려한 위치 관리 기법에 관한 연구는 미비한 실정이다. MT가 목적지를 향해서 이동할 때 보통은 최단 경로로 가려고 할 것이며 이러한 이동 패턴은 특정 방향의 이동 확률을 높여 일정한 이동 방향성을 가지게 한다. 이러한 MT의 이동 방향성을 이용하여 MT의 이동 방향에 위치하는 셀들만을 페이징함으로써 페이징 비용을 감소시킬 수 있다. 따라서, MT의 방향성을 고려한 보다 효율적인 위치 관리 기법의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 이동 통신 시스템에서 셀 식별자를 이용하여 MT의 이동성을 표현하는 새로운 위치 관리 모델과 기법을 설계한다. 아울러 기존의 거리 기반 위치 관리 기법과 성능 분석을 통해 제안하는 기법의 효율성을 검증하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 이동 단말 사용자의 위치 관리를 위한 기존의 관련 연구들을 살펴본다. 제 3장에서는 본 논문에서 가정하는 시스템 모델을 설명하며, 제 4장에서는 본 논문에서 제안하는 이동 방향 벡터를 기반으로 한 위치 관리 기법에 대해 기술한다. 제 5장에서는 제안하는 기법과 거리 기반 위치 관리 기법을 각각 모델링하고 성능을 비교하며, 제안하는 기법의 시뮬레이션 및 시뮬레이션 결과는 제 6장에서 보여준다. 아울러, 시뮬레이션에서는 거리 기반 위치 관리 기법과 위치 영역 기반 위치 관리 기법을 전체 위치 관리 비용 관점에서 서로 비교한다. 마지막으로 제 7장에서는 결론과 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

현재 대부분의 이동 통신 시스템은 위치 영역(location area)과 위치 등록의 개념을 이용하는 위치 영역 기반 기법(zone-based scheme)을 사용하고 있다. 이 개념은 지리적인 영역들을 위치 영역이라고 불리는 셀들의 그룹으로 분할하고, MT가 위치 영역의 경계를 벗어날 때마다 자신의 현재 위치를 시스템에 등록한다. MT에 대한 착 호가 발생하였을 때에는 MT가 가장 최근에 등록된 위치 영역에 포함되는 셀들에 질의 메시지를 페이징하여 MT를 찾는다. 이러한 위치 관리 기법은 페이징 트래픽을 감소시킬 수 있지만, 위치 등록이라는 새로운 형태의 네트워크 트래픽을 초래한다. 또한, 각 MT 사용자의 이동 특성을 고려하지 않았다는 점에서 정적인 기법이라 할 수 있다. 사용자의 이동 특성은 단

위시간 동안에 착 호를 받는 비율에 비해서 높은 이동성을 갖는 경우와 이동성에 비해서 높은 비율의 착 호를 갖는 경우로 구분될 수 있다. 전자는 쓸모 없는 잦은 위치 등록을 유발할 수 있고, 후자는 MT를 찾기 위해 위치 영역내의 불필요하게 많은 셀들을 자주 페이징해야 하는 단점이 있다. 따라서, MT가 수신한 호출의 비율과 MT의 이동성을 고려한 동적 위치 추적(dynamic location tracking) 기법이 필요하다. 현재까지 소개된 대표적인 동적 위치 추적 기법들을 살펴보면 다음과 같다[2,3].

우선, 거리 기반 기법(distance-based scheme)[4,5,6,7]은 가장 최근에 위치 등록이 수행된 셀로부터의 거리가 임의의 임계값(threshold)을 초과할 때마다 위치 등록이 수행된다. 이 기법에서는 MT가 네트워크의 위상에 대한 정보를 가지고 있어야 한다는 제한점이 있다.

이동 기반 기법(movement-based scheme)[4,8]에서는 MT가 가장 최근의 위치 갱신을 수행한 이후 가로지른 셀 수를 카운트하며 이 값이 임의의 임계값을 초과할 때마다 위치 갱신이 수행된다.

시간 기반 기법(time-based scheme)[4,9,10,11]은 가장 최근의 위치 등록 이후로 경과된 시간이 임의의 임계값을 초과할 때마다 위치 등록이 수행된다. 거리 기반 기법, 이동 기반 기법, 시간 기반 기법은 대표적인 동적 위치 추적 기법이며, 이들 기법들은 정해진 임계값에 따라서 다양한 성능을 보인다.

다중 계층 기법(multi-layered scheme)[7,8]은 그룹화(grouping)와 중첩화(overlapping)의 원리를 이용한 기법으로서, 그룹화는 위치 등록 트래픽을 분산시키기 위한 목적으로, 중첩화는 핑퐁 효과(ping-pong effect)를 예방하기 위해 수행된다. MT는 자신의 이동성 패턴과 호 도착률에 의해서 동적으로 여러 그룹 중 하나에 등록한다.

또 다른 기법으로는 페이징시의 시그널링 트래픽을 감소시키기 위해서 하나의 위치 영역을 여러 영역으로 분할하여 MT에 대한 착 호가 발생했을때 MT가 있을 확률이 가장 높은 영역에서 낮은 확률의 영역으로 MT를 찾을때까지 순서대로 페이징하는 기법이 있다. 이때 위치 영역에서 분할되어진 각각의 영역을 페이징 영역(Paging Area: 이하 PA)이라고 한다. 위치 영역을 사용하는 기법에서는 일반적으로 MT가 현재 상주하고 있는 위치 영역이 착 호 도착시 MT를 찾기 위해 이동통신 시스템이 페이징 시그널을 보내는 영역인 PA가 된다. 이 기법은 위치 관리 비용의 최적화를 위해서 네트워크의 크기, 위치 영역 당 셀의 수, PA당 셀의 수

등의 여러 가지 파라미터에 의존한다. PA를 순차적으로 페이징하기 때문에 연결 설정 시 지연이 발생할 수 있으며 이들 파라미터에 대한 최적의 값들이 MT의 이동성과 호 도착률 등에 크게 의존하는 문제점을 갖고 있다.

MT의 평균 이동성과 평균 호 도착률과 같은 파라미터들은 각 MT마다 다르고 시간에 따라서도 다양하게 변하기 때문에, 각 MT의 특성에 따라 최적의 위치 영역의 크기를 할당하는 기법을 [11]에서 제안하였다. 이 기법에서는 각 MT가 이동성과 호 도착률 등 자신의 현재 특성들을 이동 환경에 적합하도록 평가한다. 이러한 평가에 기반하여 위치 영역의 크기 등과 같은 최적의 파라미터들을 계산한다. 그러나, 이 기법은 동적으로 이들 파라미터들을 얻어냄으로써 위치 등록과 페이징을 위한 시그널링 트래픽을 최소화시킬 수 있지만, 많은 양의 계산을 필요로 한다[12].

최근에 MT의 방향 특성을 고려한 동적 위치 추적 기법이 [13]에서 제안되었다. 이 기법은 MT의 이동 방향을 감지하여 위치 등록 이후 MT가 방향을 바꾸지 않은 상태로 임계거리(distance threshold) 내에서 이동하는 동안에는 위치 갱신을 하지 않는 방법이다. MT는 이동 방향을 바꾸는 경우에만 위치 갱신을 수행하며 이때, MT는 이동 통신 시스템에게 자신의 이동 방향 및 위치 갱신을 수행한 지역의 식별자를 보고한다. 특정 MT에 착 호가 발생할 경우 이동 통신 시스템은 MT가 마지막 위치 갱신을 수행한 지역을 중심으로 라인 페이징(line paging)을 함으로써 페이징 비용을 감소시킬 수 있다. 그러나 이 기법에서는 자주 이동 방향을 바꾸는 MT의 경우, 잦은 위치 등록을 수행하기 때문에 위치 관리 비용이 기존의 기법들보다 오히려 증가하는 단점이 있다.

이상의 연구 동향을 살펴볼 때, 차세대 이동 통신 시스템에서의 효율적인 위치 관리를 위해서는 개별 사용자 기반의 동적인 위치 관리와 더불어 이동 패턴을 고려하여 페이징 비용을 감소시키는 위치 관리 기법이 요구된다. 따라서, 본 논문에서는 셀 식별자를 이용하여 MT의 이동 방향을 추출할 수 있는 기법을 개발하고, 이를 이용하여 MT의 이동 패턴에 알맞은 효율적인 위치 관리 기법을 제안하고자 한다.

3. 시스템 모델

이 장에서는 본 논문에서 사용할 시스템 모델에 대해서 알아본다. 그림 1은 본 논문에서 가정하는 이동 통신 시스템의 기본 구조이다.

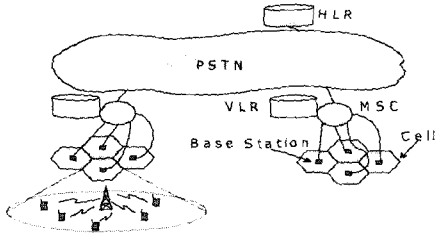


그림 1 이동 통신 시스템의 구조

이동 통신 시스템의 서비스 영역은 기지국(base station)에 의해서 관리되는 셀이라는 지리적 단위로 분할된다. 본 논문에서는 각각의 셀이 육각형 형태를 취하는 것으로 가정한다. MT는 각각의 셀 내의 기지국과 무선으로 통신하며, 기지국들은 MSC(Mobile Switching Center)에 유선으로 연결되어 있다. MSC는 호의 교환, 위치 갱신 및 페이징과 관련된 기능을 처리하며, 유선과 무선으로 구성된 부분 사이에서의 인터페이스 역할을 담당한다. VLR(Visitor Location Register)은 MSC와 인접하여 위치해 있으며, MSC가 관리하는 영역내에 존재하는 MT의 정보를 일시적으로 저장하는 데이터베이스이다. HLR(Home Location Register)은 이동 통신 시스템을 통해 서비스를 제공받고 있는 시스템 내의 모든 MT의 정보를 저장하는 데이터베이스로서 MT의 일반적인 정보 외에 부가적인 정보들을 저장하고 있다. MSC, VLR, 그리고 HLR은 PSTN(Public Switched Telephone Network)을 통해 상호 연결되어 있다고 가정한다.

본 논문에서는 육각 셀 모델을 사용하며, 시스템 내의 셀은 그림 2와 같은 X-Y 좌표를 사용하여 식별자를 할당받는다 가정한다[14]. 임의의 한 셀이 원점으로 선택되고 이 셀을 기준으로 X축과 Y축이 120도의 각으로 교차된다. 그림 2에서는 가장 가운데에 있는 셀이 원점으로 선택되어 있으며 이 셀을 중심으로 하여 X-Y축 방향으로 셀 하나마다 좌표가 1씩 증가하거나 감소한다.

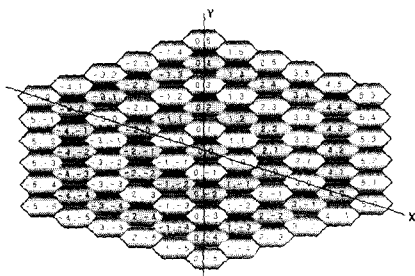


그림 2 X-Y 좌표 시스템

4. 제안하는 위치 관리 기법

4.1 기본 개념

기존 연구들은 MT의 이동 특성을 나타내기 위해 랜덤워크 모델(random-walk model)을 일반적으로 사용하여 왔다[4,6,8,15]. 랜덤워크 모델에서는 MT가 셀을 떠날 때 이웃하는 셀중의 하나로 이동할 확률은 동일하다고 가정하였다. 따라서, 랜덤워크 모델은 분석을 단순화시켜 줄 수 있지만 MT의 방향성을 고려할 수 없다는 단점이 있다.

일반적으로 MT 사용자는 마음속으로 특정 목적지를 정해 놓고 이동하며 목적지를 향해 특정한 경로를 따라서 이동하는 이동 패턴을 갖는다[16]. 그러므로, MT가 목적지를 향해 자신이 움직이던 특정 방향에 위치한 이웃한 셀들로 계속 이동하는 확률이 다른 방향의 이웃한 셀로 이동할 확률보다 더 높은 방향성을 갖는다고 가정하는 것이 보다 실세계에 적합하다. 따라서, MT가 위치 갱신을 수행할 때 자신이 위치한 셀 식별자와 이동 방향을 시스템에게 알려주도록 하여, MT에게 착 호가 발생했을 때 이동 통신 시스템은 MT의 이동 방향에 위치하는 셀들만을 페이징하여 페이징 비용을 감소시킬 수 있다. 이를 위해, 본 논문에서는 MT가 이전에 상주하던 셀에서 위치 갱신을 수행한 셀로 진입한 방향을 MT의 기준 방향으로 하여 PA와 다른 셀로 이동시에 위치 갱신 수행 여부를 동적으로 결정하는 기법을 제안한다.

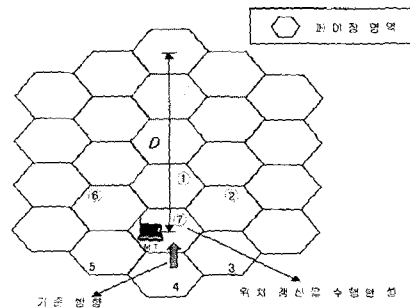


그림 3 MT의 이동 방향과 위치 갱신의 발생 여부

그림 3은 MT의 기준 방향과 위치 갱신 수행 여부의 예를 보여주는데, 위치 갱신 시 MT가 이동한 방향을 MT가 목표 지점으로 도달하기 위해 이동하는 기준 방향으로 정하는 설정 예를 아울러 보여준다. 그림 3에서 보여진 것처럼 기준 방향은 이전 셀인 ④번 셀에서 위치 갱신을 수행한 셀인 ⑦번 셀로 진입한 방향 즉, ④→⑦방향으로 설정되며 위치 갱신시에 PA는 그림 3과 같이 기준

방향에 인접하는 셀들의 그룹으로 형성된다. 그림에서 보여진 PA는 PA 형성의 여러 예 중 하나의 경우를 나타내며 PA는 그림과 같이 3라인 또는 1, 5, 7, ...의 라인으로 형성될 수 있다. ⑦번 셀에 있는 MT가 기준 방향과 반대가 되는 방향인 ③, ④, ⑤번 셀로 움직였을 경우에 MT는 자신의 이동 방향이 완전히 바뀐 것으로 간주하여 다시 위치 갱신을 수행한다. 이때, MT의 기준 방향은 다시 위치 갱신이 발생한 셀로 이동한 방향으로 바뀌게 된다. MT가 ①, ②, ⑥번 셀로 이동했을 경우에는 앞으로 기술하게 될 연산을 통해 MT가 위치 갱신의 수행 여부를 결정한다.

앞서 언급한 MT의 PA는 MT의 이동 특성을 반영하여 동적으로 형성된다. 각 MT의 PA를 결정짓는 요소는 위치 갱신을 수행한 셀로부터의 입계 거리(D)와 기준 방향을 중심으로 하여 양옆으로 펼쳐져 있는 이동 가능한 폭이다. 이동 통신 시스템은 특정 MT의 PA를, MT는 자신의 PA를 알 수 있도록 이러한 요소를 이동 통신 시스템과 MT 모두 항상 알고 있어야 한다. 따라서, 특정 MT에 대한 착 호 수신시 이동 통신 시스템은 그 MT에 해당하는 PA만을 페이지징하여 MT를 찾을 수 있으며, MT는 이러한 PA를 벗어나게 될 경우 위치 갱신을 수행하게 된다. 위치 갱신의 수행과 동시에 MT의 PA는 다시 동적으로 형성된다.

다음 절에서는 이동 갱신의 수행시 동적 PA의 결정을 위해 필요한 주요 연산들에 대해서 살펴본다.

4.1.1 이동 방향의 추출 및 방향 벡터의 설정

X-Y 좌표를 사용하는 육각 셀 모델에서 MT의 이동 방향은 셀 식별자간의 간단한 비교 연산을 통해 알 수 있다[14]. 셀 ID가 (X_1, Y_1) 인 셀에서 인접 셀로 MT가 이동하였을 때, 두 셀 (X_2, Y_2) 식별자간에는 그림 4와 같은 관계가 성립한다. 이러한 관계는 MT가 셀 식별자를 수신할 때마다 간단한 비교 연산을 통해서 자신의 이동 방향을 탐지하는데 이용된다.

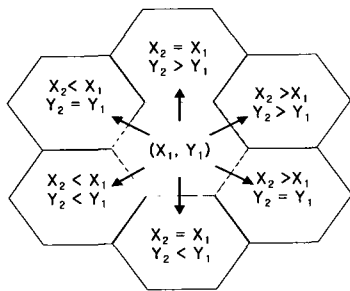


그림 4 인접 셀과의 식별자 관계

MT의 이동 방향을 추출하기 위해서는 먼저 위치 갱신 시에 MT가 이동 통신 시스템에게 알려줄 목적지로의 진행 방향을 결정하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 MT가 이전에 상주하던 셀에서 위치 갱신이 일어난 셀로 진입한 방향을 목적지로의 진행 방향이라고 가정한다. 따라서, 위치 갱신 시에 MT가 이동 통신 시스템에게 자신의 진행 방향을 알려주는 'Base_dir'이라는 방향 벡터를 다음과 같이 정의한다.

<정의 1>

MT가 새로운 셀에 진입하여 위치 갱신을 수행할 때, 이전 셀에서 현재 셀로 진입한 방향을 'Base_dir'로 정의한다.

MT가 한 셀에서 다른 셀로 이동했을 경우, 그림 4에서 보여준 인접 셀과의 식별자 관계에 의해 MT는 'Base_dir'을 기준으로 자신이 어느 방향으로 이동했는지를 판단할 수 있다. 이제 'Base_dir'을 이용하여 모든 방향에 대한 벡터 설정 방법을 알아보자. 그림 5는 방향 벡터의 설정 방법을 예로써 보여준다. 그림 5 (a)에서와 같이 'Base_dir'이 $X_2 > X_1$ 이고 $Y_2 > Y_1$ 인 방향으로 설정될 때, MT의 방향 벡터들은 'Base_dir'을 기준으로 그림 5 (b)와 같이 설정된다.

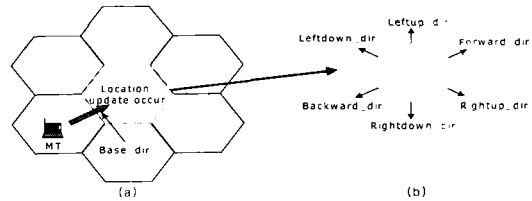


그림 5 방향 벡터의 설정

여섯 개의 방향 벡터는 그림 5 (b)에서와 같이 'Base_dir'과 같은 방향인 'Forward_dir', 이와 반대 방향인 'Backward_dir', 'Forward_dir'을 중심으로 각각 좌상, 우상 방향인 'Leftup_dir', 'Rightup_dir', 그리고 좌하, 우하 방향인 'Leftdown_dir', 'Rightdown_dir'로 구성된다. 이후, MT는 (X_1, Y_1) 인 셀에서 (X_2, Y_2) 인 인접 셀로 이동했을 경우에 다음과 같은 방법으로 자신의 이동 방향을 결정한다.

- ① $X_2=X_1$ 이고 $Y_2>Y_1$ 이면, 'Leftup_dir' 방향으로 이동
- ② $X_2=X_1$ 이고 $Y_2<Y_1$ 이면, 'Rightdown_dir' 방향으로 이동
- ③ $Y_2=Y_1$ 이고 $X_2>X_1$ 이면, 'Rightup_dir' 방향으로 이동
- ④ $Y_2=Y_1$ 이고 $X_2<X_1$ 이면, 'Leftdown_dir' 방향으로 이동

- ⑤ $X_2 < X_1$ 이고 $Y_2 < Y_1$ 이면, 'Backward_dir' 방향으로 이동
- ⑥ $X_2 > X_1$ 이고 $Y_2 > Y_1$ 이면, 'Forward_dir' 방향으로 이동

이렇게 설정된 벡터 정보를 이용하여 MT는 이웃하는 셀로 이동할 때마다 자신의 이동 방향을 알 수 있으며, MT가 자신의 현재 위치를 파악하는데 이용된다. 그림 5에서의 'Base_dir' 방향과 다른 나머지 다섯 방향인 경우도 앞서 설명한 방식과 유사하게 방향 벡터를 설정할 수 있으며, 이들 방향 각각에 대한 여섯 개의 방향 벡터도 그림 5와 유사한 방식으로 결정할 수 있다. 표 1은 모든 방향에 대한 MT의 'Base_dir'과 이동 방향에 따른 방향 벡터의 설정 방법을 보여준다.

표 1 'Base_dir'과 이동 방향에 따른 방향 벡터의 설정

Base_dir \ 이동방향	↑	↓	↖	↘	↙	↗
↑	F	B	RU	LD	RD	LU
↓	B	F	LD	RU	LU	RD
↘	RD	LU	B	F	LD	RU
↖	LU	RD	F	B	RU	LD
↙	LD	RU	LU	RD	F	B
↗	RU	LD	RD	LU	B	F

표 1에서 F, B, RU, RD, LU, LD는 각각, 'Forward_dir', 'Backward_dir', 'Rightup_dir', 'Rightdown_dir', 'Leftup_dir', 'Leftdown_dir'을 나타낸다. 그리고, ↑, ↓, ↖, ↘, ↙, ↗는 셀 식별자가 (X_1, Y_1) 인 셀에서 (X_2, Y_2) 인 인접 셀로 MT가 이동했을 경우, 셀 식별자간에 각각, $X_2 = X_1$ 이고 $Y_2 > Y_1$, $X_2 = X_1$ 이고 $Y_2 < Y_1$, $Y_2 = Y_1$ 이고 $X_2 > X_1$, $Y_2 = Y_1$ 이고 $X_2 < X_1$, $X_2 < X_1$ 이고 $Y_2 < Y_1$, 마지막으로 $X_2 > X_1$ 이고 $Y_2 > Y_1$ 인 관계가 성립하는 방향으로 이동한 것을 나타낸다.

4.1.2 방향 벡터의 상쇄 및 거리 계산

MT가 위치 갱신의 실행 여부를 결정하기 위해서는 마지막 위치 갱신을 실행한 이후 이동한 거리와 기준이 되는 진행 방향 즉, 'Base_dir'에서 벗어난 정도를 판단할 수 있는 방법이 필요하다. 이렇게 하기 위해서 MT는 항상 자신의 현재 위치를 알고 있어야 한다. MT가 위치 갱신을 수행한 이후 이동시 자신의 현재 위치를 알 수 있도록, 본 논문에서는 MT가 새로운 셀에 진입할 때마다 다음과 같은 방향 벡터 상쇄 연산을 수행한다.

<정의 2> 방향 벡터 상쇄 연산

- ① 'Forward_dir'과 'Backward_dir'은 상쇄된다.

- ② 'Leftup_dir'과 'Rightdown_dir'은 상쇄된다.
- ③ 'Rightup_dir'과 'Leftdown_dir'은 상쇄된다.
- ④ 'Leftup_dir'과 'Rightup_dir'은 'Forward_dir'로 상쇄된다.
- ⑤ 'Leftdown_dir'과 'Rightdown_dir'은 'Backward_dir'로 상쇄된다.
- ⑥ 'Forward_dir'과 'Rightdown_dir'은 'Rightup_dir'로 상쇄된다.
- ⑦ 'Forward_dir'과 'Leftdown_dir'은 'Leftup_dir'로 상쇄된다.

위의 방향 벡터 상쇄 연산에 대한 증명은 다음과 같다. 정의 2의 ① 경우를 증명하여 보자.

가정 : MT가 셀 식별자 (0,0)에서 'Forward_dir'과 'Backward_dir'로 각각 서로 다른 횟수의 k번과 l번을 이동한 후에 (0,0)에 있다고 가정하자.

증명 : 표 1로부터 (0,0)에서 'Forward_dir'로 한 번 진행한 경우의 셀 식별자 좌표를 (x,y)라고 할 때, (0,0)에서 'Backward_dir'로 한 번 진행한 경우에 셀 식별자의 좌표는 (-x, -y)가 됨을 쉽게 알 수 있다. 'Forward_dir'과 'Backward_dir'로 각각 서로 다른 횟수의 k번과 l번 이동한 후의 좌표는 ((k-l)x, (k-l)y)이며 이 좌표는 (0,0)이어야 한다. x와 y가 0이 아니므로 k = l이어야 한다. 이것은 k와 l의 값이 서로 다른 경우의 이동 후에 MT가 (0,0)에 있다는 가정에 모순된다. 그러므로, 'Forward_dir'와 'Backward_dir'은 서로 상쇄를 수행하는 동일한 크기를 가지는 방향 벡터이다.

이와 유사한 방법으로 ②,③도 증명될 수 있다 ■

정의 2의 ④ 경우를 증명하여 보자.

임의의 방향 벡터 X를 X↑로 표현하고 방향 벡터의 크기를 |X↑|로 나타내기로 하자. 그리고, 두 벡터의 벡터 합을 X↑+Y↑로 나타낸다고 하자. 두 벡터 X↑, Y↑가 이루는 사이 각 중 180 이하의 사이 각을 나타내는 기호로 ∠(X↑, Y↑)을 사용하자. 180도의 사이 각을 가지는 두 방향 벡터들 간의 벡터 합을 제외하였을 때, 임의의 두 방향 벡터 X↑, Y↑의 벡터 합 X↑+Y↑에 의해서 생성된 방향 벡터 Z↑가 항상 두 벡터의 사이 각 내에 존재함은 분명하다. |X↑|=|Y↑|인 경우에 Z↑는 X↑와 Y↑로부터 각각 $\frac{\angle(X↑, Y↑)}{2}$ 의 각도 만큼 떨어진 위치에 생성된다. 또한 두 벡터 X↑와 Y↑가 |X↑|=|Y↑|이고 ∠(X↑, Y↑)가 120도인 경우에 X↑+Y↑로부터 생성된 Z↑의 |Z↑|는 |X↑|=|Y↑|=|Z↑|가 된다. 'Leftup_dir'과 'Rightup_dir'의 두 방향 벡터의 벡터 합에 의해 생성되는 방향 벡터는 각각의

벡터로부터 60도만큼 떨어진 위치에 생성되는 유일한 방향벡터인 'Forward_dir'이 된다. 또한 'Leftup_dir'과 'Rightup_dir'은 크기가 동일하고 120도의 각의 차이를 가지므로 'Forward_dir' 크기도 'Leftup_dir'과 'Rightup_dir'과 동일하다.

이와 유사한 방법으로 ⑤, ⑥, ⑦도 증명될 수 있다. ■
 방향 벡터와 방향 벡터 상쇄 연산을 이용하면, MT가 복잡한 이동 패턴을 보이더라도 MT의 현재 위치는 항상 간단한 방향 벡터들로 표현할 수 있다. 즉, MT가 어느 곳에 위치하더라도 'Forward_dir', 'Leftup_dir', 'Rightup_dir'의 세 가지 방향 벡터의 조합으로 항상 자신의 위치를 표현할 수 있다. 예를 들어, 그림 6 (a)와 같은 이동 패턴을 갖는 MT의 현재 위치는 벡터 상쇄 연산을 통하여 그림 6 (b)와 같이 위치 갱신이 일어난 셀로부터 세 개의 방향 벡터로 간단히 표현할 수 있다.

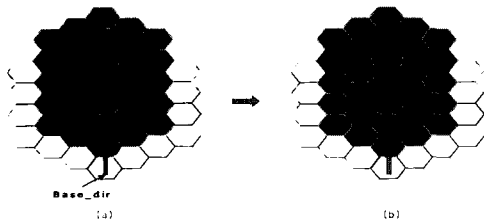


그림 6 방향 벡터의 상쇄

MT는 셀이 바뀔 때마다 4.1.1절에서 기술한 방법에 의해 이동 방향 벡터를 탐지해 내며, 방향 벡터 상쇄 연산을 통해 자신의 현재 위치를 'Forward_dir', 'Leftup_dir', 'Rightup_dir'의 조합으로 간단히 표현한다. 따라서, 그림 6 (b)의 A 지점에서 MT가 갖고 있는 방향 벡터는 2개의 'Forward_dir' 벡터와 1개의 'Rightup_dir' 벡터로 표현되는데, 이는 MT가 마지막 위치 갱신 이후 'Forward_dir' 방향으로 두 번, 'Rightup_dir' 방향으로 한 번 이동한 위치에 있음을 의미한다.

본 논문에서 한 셀로부터 특정 셀까지의 거리는 [5]에서 제안한 링(ring)의 개념을 사용한다. 따라서, 방향 벡터들의 합으로 표현한 위치 갱신이 일어난 셀로부터 현재 MT가 상주하는 셀까지의 거리를 R이라 하고, 현재 MT가 가지는 'Forward_dir', 'Leftup_dir', 'Rightup_dir' 벡터의 수를 각각 $N_{Forward_dir}$, N_{Leftup_dir} , $N_{Rightup_dir}$ 이라 하면 R은 다음과 같이 계산된다.

$$R = N_{Forward_dir} + N_{Leftup_dir} + N_{Rightup_dir} \quad (1)$$

4.2 위치 갱신과 페이징 기법

본 논문에서는 MT의 이동 패턴에 따라 PA가 동적

으로 결정되는 거리 기반 위치 갱신 기법을 제안한다. PA를 동적으로 결정하기 위해 MT는 위치 갱신을 실행하기 전까지 자신이 가지고 있었던 N_{Leftup_dir} 과 $N_{Rightup_dir}$ 중 최대가 되는 값을 기억하고 있으며, 위치 갱신 시에 이 최대값과 셀 식별자, 그리고 'Base_dir'을 보고한다. N_{Leftup_dir} 과 $N_{Rightup_dir}$ 중 최대가 되는 값을 최대증폭 M이라 하면, 최대증폭 M은 MT가 'Base_dir' 방향으로 있는 셀들에서 좌·우측으로 얼마나 벗어나 이동했는지를 알려주는 값이 된다. 최대증폭 M값을 바탕으로 이후 MT의 PA는 하나의 라인으로 형성되는 'Base_dir' 방향의 셀들에 양쪽으로 M개 라인의 셀들이 추가되도록 결정된다. 따라서 PA는 그림 7과 같이 위치 갱신이 일어난 셀을 정점으로 하는 V자 모양의 2M+1개의 라인으로 형성된다.

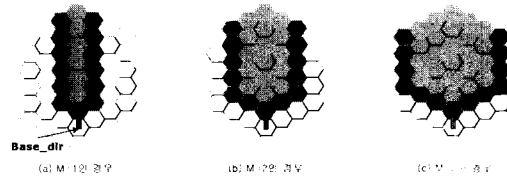


그림 7 제안하는 기법의 PA의 예

PA 내에 있는 MT가 위치 갱신을 실행하는 경우는 그림 7에서와 같이 2M+1개의 라인 중에서 어떤 셀에서 벗어나는지에 따라서 결정되는데, 다음과 같다.

- A 영역에서 'Leftup_dir', 'Leftdown_dir' 방향으로 이동할 경우
- B 영역에서 'Rightup_dir', 'Rightdown_dir' 방향으로 이동할 경우
- C 영역에서 'Leftup_dir', 'Leftdown_dir', 'Backward_dir' 방향으로 이동할 경우
- D 영역에서 'Rightup_dir', 'Rightdown_dir', 'Backward_dir' 방향으로 이동할 경우
- E 영역에서 'Leftdown_dir', 'Backward_dir' 방향으로 이동할 경우
- F 영역에서 'Rightdown_dir', 'Backward_dir' 방향으로 이동할 경우
- G 셀에서 'Leftdown_dir', 'Backward_dir', 'Rightdown_dir' 방향으로 이동할 경우
- R> D가 되는 경우, 여기서, D는 거리 임계값(distance threshold)을 나타낸다.

이상에서 기술한 내용에 기반한 MT의 위치 갱신 알고리즘은 다음과 같다.

```

Procedure LocationUpdate()
// 위치 갱신시 셀 식별자, M, 그리고 Base_dir을 보고
// 모든 벡터의 초기값은 0으로 설정
// D : 거리 임계값
// R : 마지막 위치 갱신이 일어난 셀로부터의 거리
// Current_dir: MT가 마지막으로 이동한 방향
// c : MT가 결정하는 상수 (c = 0, 1, 2, 3...)
// M : MT가 가지는  $N_{Leftup_{dir}}$  과  $N_{Rightup_{dir}}$  중 최대값

Begin
    // Forward_dir=Base_dir, 나머지 방향 벡터들을 설정
    Whenever a new cell ID is received do
        Current_dir을 계산하여 대응하는 벡터를 상쇄하거나 대응하는 벡터가 없을 경우 갱신한다.
        If  $N_{Leftup_{dir}}$  then  $M = N_{Leftup_{dir}}$ 
        If  $N_{Rightup_{dir}} > M$  then  $M = N_{Rightup_{dir}}$ 
        If ( $N_{Leftup_{dir}} > c$ ) or ( $N_{Rightup_{dir}} > c$ )
            Base_dir = Current_dir
            위치 갱신 실행
            c = c + 1
        If (Backward_dir or Leftdown_dir or Rightdown_dir)
            Base_dir = Current_dir
            위치 갱신 실행
            c = M, M = 0
        If (R > D)
            Base_dir = Current_dir
            위치 갱신 실행
            c = M, M = 0
    End
    
```

위 알고리즘에서 PA의 폭을 결정하는 인자는 최대증폭 M 과 상수 c 이다. 상수 c 는 MT의 PA의 폭을 나타내는 인자로서 M 값과 동일하게 설정된다. 따라서, 각각의 MT가 위치 갱신을 수행 할 때 시스템은 M 값을 보고 받으므로 모든 MT의 PA의 폭을 알 수 있다. 이 둘 인자에 의해 각 MT의 PA는 동적으로 결정된다. 그림 8은 MT의 이동 특성에 따라 동적으로 변하는 페이징 영역의 예를 보여준다.

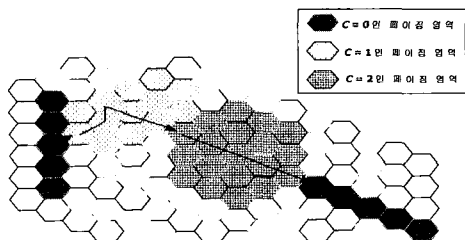


그림 8 MT의 이동 특성에 따른 PA의 변화

MT는 위치 갱신을 수행할 때 셀 식별자, M 값, 'Base_dir'을 보고하므로 시스템은 항상 MT의 이동 방향과 PA를 알고 있다. 따라서, 시스템은 MT에 대한

착호 수신시 이러한 PA에 대해 마지막 위치 갱신이 발생한 셀로부터 거리 D 이내의 셀들만을 페이징하여 MT를 찾는다.

5. 성능 평가

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 기법과 거리 기반 방식의 위치 관리 기법을 모델링하고 비교한다.

5.1 거리 기반 기법에서의 PA 모델링

거리 기반 기법에서 PA를 모델링하기 위해 본 논문에서는 [15]의 방법을 이용하여 다음과 같이 셀 식별자를 할당한다. 그림 9는 거리 임계값이 5인 경우, 즉 $D=5$ 인 경우에 대한 X-Y 좌표를 보여준다.

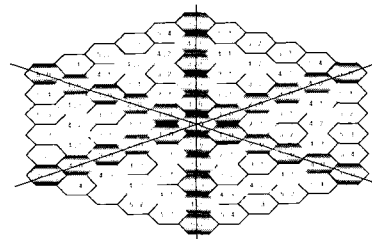


그림 9 거리 기반 기법에서의 X-Y 좌표

셀 식별자를 이용하여 MT가 특정 (i, j) 셀에 상주하고 있는 것을 하나의 상태 (i, j) 로 표현할 때, MT의 상태 전이 확률을 포함하는 상태도는 그림 10과 같다. 여기서 f 는 특정한 한 방향으로 현재 상주하는 셀을 벗어날 확률이며, q 는 나머지 다섯 방향 중 한 방향으로 현재 상주하는 셀을 벗어날 확률이다. 그리고 $f+5q=1$ 이며 f 의 값을 변경함으로써 MT가 특정한 방향으로 이동할 확률을 조정할 수 있다. 상태 $(6,0)$ 은 흡수 상태(absorbing state)를 나타내며 MT가 임계 거리 5의 PA를 벗어나 다른 영역으로 이동하였음을 의미한다.

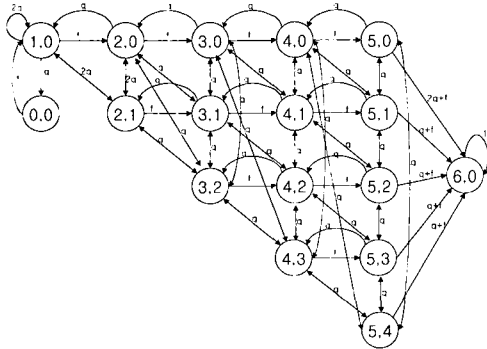


그림 10 그림 9에 대한 상태도

확률 $P_{(x,y),(x',y')}$ 는 상태 (x, y) 에서 상태 (x', y') 로의 1-단계 전이 확률을 나타내며, 그림 10의 상태도에 대한 전이 행렬은 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ q & 2q & f & 2q & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q & 0 & 2q & f & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2q & 2q & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & q & q+f \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & q & 0 & q+f \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

위의 전이 행렬에서 각 행과 열의 인덱스는 $(0,0), (1,0), (2,0), (2,1), (3,0), (3,1), \dots, (5,3), (5,4), (6,0)$ 순이다. 전이 행렬의 곱 $P^{(k)}$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$P^{(k)} = \begin{cases} P & \text{if } k=1 \\ P \times P^{(k-1)} & \text{if } k>1 \end{cases} \quad (2)$$

이때, 행렬 P 의 곱으로 이루어진 $P^{(k)}$ 의 한 원소 $p_{(x,y),(x',y')}^{(k)}$ 는 MT가 (x, y) 상태에 있다가 k 번의 이동을 한 후 (x', y') 상태에 도달할 확률을 나타낸다. 여기서

PA를 벗어난 상태를 나타내는 상태 $(n, 0)$ 에 대하여(즉, n =임계거리 + 1), $P_{k,(x,y),(n,0)}$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$p_{k,(x,y),(n,0)} = \begin{cases} p_{(x,y),(n,0)} & \text{for } k=1 \\ p_{(x,y),(n,0)}^{(k)} - p_{(x,y),(n,0)}^{(k-1)} & \text{for } k>1 \end{cases} \quad (3)$$

그러면, $P_{k,(x,y),(n,0)}$ 는 MT가 처음에 (x, y) 셀에 머물다가, $k-1$ 번째 이동에서 PA의 가장 바깥쪽인 $n-1$ 링에 속하는 셀에 진입하며 정확하게 k 번째에 PA의 가장 외곽의 링을 벗어나 PA의 바깥쪽 링으로 나가게 됨을 의미한다.

5.2 제안 기법에서의 PA 모델링

이 절에서는 제안하는 기법에 대한 MT의 PA에 대한 모델링에 대해서 살펴본다. 그림 11은 $D=c=5$ 인 경우에 MT에 의해서 생성될 수 있는 PA의 한 예를 보여준다.

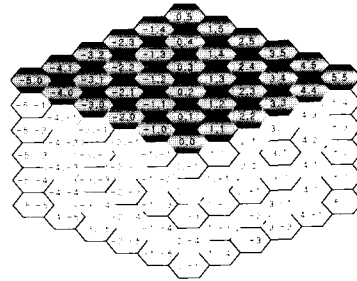


그림 11 $D=c=5$ 일 경우 MT의 PA의 예

5.1절에서 설명한 상태도 표현과 유사하게 그림 11에 대한 상태도를 표현하면 그림 12와 같다.

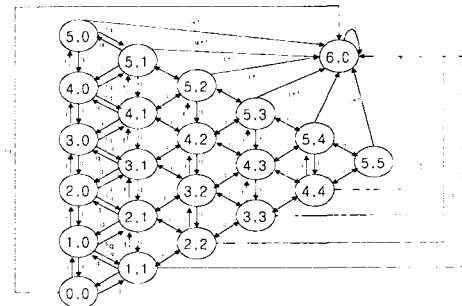


그림 12 그림 11에 대한 상태도

그림 12의 임의의 상태 (x, y) 에서 x 는 위치 갱신이 일어난 셀로부터의 거리를 나타내며 y 는 상수 c 값을 나타낸다. 이러한 상태도에 대한 전이 행렬은 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} 0 & f & 2q & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 3q \\ q & 0 & 2q & f & 2q & \dots & 0 & 0 & 0 \\ q & q & 0 & 0 & f & \dots & 0 & 0 & 2q \\ 0 & q & 0 & 0 & 2q & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & q & q+f \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & q & 0 & 3q+f \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

위의 전이 행렬에서 각 행과 열의 인덱스는 (0,0), (1,0), (1,1), (2,0), (2,1), (2,2), (3,0), (3,1), ... (5,3), (5,4), (5,5), (6,0) 순이며, 이 전이 행렬에서도 5.1절에서 설명한 식 (2)와 (3)이 적용된다.

5.3 성능 비교

MT가 위치 갱신을 실행한 셀의 좌표를 <0,0>이라 가정하자. 그러면 5.1절과 5.2절에서 언급한 PA에 대해, MT가 셀 <0,0>에서 출발하여 PA를 벗어날 때까지 이동한 평균 셀의 수 $K(0,0)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$K_{\langle 0,0 \rangle} = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot p_{k,\langle 0,0 \rangle,\langle 0,0 \rangle} \quad (4)$$

본 논문에서는 식 (4)를 바탕으로, 임계거리가 각각 3,

4, 5로 주어진 경우에 거리 기반 기법에서의 PA와 제안하는 기법에서의 PA에 대하여 MT가 셀 <0,0>을 출발하여 주어진 PA를 벗어날 때까지의 평균 이동 셀 수를 MT가 랜덤워크로 이동하는 경우와 특정 방향으로의 방향성이 큰 상태로 이동하는 경우로 나누어 수치적으로 계산하였다. 표 2는 랜덤워크 모델 하에서 거리 기반 방식의 임계 거리가 3, 4, 5일 경우에 제안하는 기법과 $K_{0,0}$ 을 비교한 결과이며 표 3~5는 5.1절에서 언급한 확률 f 를 각각 1/4, 1/3, 1/2로 하였을 경우의 결과를 나타낸다.

표 2~5를 통해서 특정 방향으로의 방향성이 커질수록 $K_{0,0}$ 값이 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 특정 방향으로의 이동 방향성이 클수록 MT는 주어진 PA내의 셀들을 더 많이 거쳐서 다른 PA로 이동하게 되며, 동일한 셀 이동 횟수에 대해서 더 적은 위치 갱신을 수행하게 된다. 각각의 $K_{0,0}$ 값은 MT가 평균적으로 $K_{0,0}$ 번의 셀 이동을 하게 되면 위치 갱신이 수행됨을 의미하므로 이 값은 위치 갱신 비용의 계산에 이용된다.

제안하는 기법과 거리 기반 방식 각각에 대한 페이지 비용을 계산하기 위해서는 PA 내의 셀 수를 계산해야 한다. 본 논문에서 제안한 기법에서 서로 다른 c 값에 대

표 2 랜덤워크 모델

D		3	4	5
기법				
	거리기반	12.9956	20.2727	29.1722
제안 기법	c=0	1.2414	1.2424	1.2426
	c=1	2.558	2.6535	2.6929
	c=2	3.131	3.4828	3.5962
	c=3	3.235	3.7784	3.9866
	c=4		3.8274	4.3472
	c=5			4.3730

표 4 'Forward_dir'의 방향성이 1/3인 경우

D		3	4	5
기법				
	거리기반	8.4920	11.9237	15.6358
제안 기법	c=0	1.5861	1.6035	1.6095
	c=1	3.2801	3.6409	3.8715
	c=2	3.8565	4.6640	5.0185
	c=3	3.9341	4.9453	5.5927
	c=4		4.9811	6.0419
	c=5			6.0601

표 3 'Forward_dir'의 방향성이 1/4인 경우

D		3	4	5
기법				
	거리기반	10.2534	15.0242	20.4198
제안 기법	c=0	1.3992	1.4046	1.4060
	c=1	2.9392	3.1519	3.2657
	c=2	3.5473	4.1440	4.3578
	c=3	3.6426	4.4598	4.8703
	c=4		4.5059	5.3491
	c=5			5.3737

표 5 'Forward_dir'의 방향성이 1/2인 경우

D		3	4	5
기법				
	거리기반	6.3988	8.5166	10.7140
제안 기법	c=0	2.0528	2.1393	2.1850
	c=1	3.7736	4.4358	4.9637
	c=2	4.1674	5.2109	5.9108
	c=3	4.2057	5.3613	6.4525
	c=4		5.3756	6.5672
	c=5			6.5731

한 PA 내의 셀 수와 거리 기반 기법에서 PA 내의 셀 수는 다음과 같이 계산된다.

$$N = \sum_{i=0}^{d-1} (2i+1) + (d-c)(2c+1) \quad (5)$$

$$N_{DB} = 3d(d+1)+1 \quad (6)$$

여기서, N 와 N_{DB} 는 각각 제안 기법과 거리 기반 기법에서의 PA내의 셀 수를 나타내며, d 는 위치 갱신을 수행한 셀로부터의 거리를 나타낸다.

MT가 출발지에서 도착지까지의 이동 경로 상에서 발생시키는 총 위치 관리 비용은 위치 갱신 비용과 페이징 비용의 합으로 구해진다. 위치 관리 비용을 계산하기 위해서 본 논문에서는 MT는 반복해서 이동하는 일정한 이동 경로를 가지며 MT는 출발지에서 도착지까지의 경로 R에서 셀 경계를 평균 n 번 거쳐간다고 가정한다. MT가 이러한 이동 패턴을 가지는 경우로는 자동차등을 이용하여 출퇴근하는 직장인이나 학생들과 고속도로나 도심지의 대로 등을 자주 통과하여 이동하는 사용자들을 생각할 수 있다. 이동 경로 R상에서의 평균 셀 전이 횟수 n 값을 설정된 PA를 벗어날 때까지 MT가 이동한 평균 셀의 수로 나누면 경로 R에 대한 평균 위치 갱신 횟수가 된다. 평균 위치 갱신 횟수에 1회의 위치 갱신 수행에 소요되는 비용을 곱하면 n 번 셀을 거쳐가는 동안 소요되는 평균 위치 갱신 비용이 된다. 또, 페이징 비용을 구하기 위해 MT의 CMR 값에 n 을 곱하면 경로 R 상에서 발생하는 평균 호 도착 횟수가 되며, 이 값에 설정된 PA의 셀 수와 셀 하나를 페이징 하는 데 소요되는 비용을 각각 곱해주면 경로 R에서의 평균 페이징 비용이 된다. 위에서 설명한 방법에 기반하여 구하여진 두

기법에 대한 위치 관리 비용은 각각 다음과 같다.

$$C = n/K_{M(c,0)} \cdot \alpha + \rho \cdot N \cdot n \cdot \beta \quad (7)$$

$$C' = n/K_{D(c,0)} \cdot \alpha + \rho \cdot N_{DB} \cdot n \cdot \beta \quad (8)$$

위의 식에서 C 와 C' 는 각각 제안하는 기법과 거리 기반 기법에 대한 위치 관리 비용을 나타낸다. α 와 β 는 각각 위치 갱신을 한 번 수행하는데 드는 비용과 하나의 셀에 폴링 시그널을 보내는데 드는 비용을 의미한다. 그리고 ρ 는 CMR(Call to Mobility Ratio)값을 나타낸다. $K_{M(c,0)}$ 는 제안하는 기법에서의 각각에 해당하는 $K_{(c,0)}$ 를 나타낸다. 그리고, $K_{D(c,0)}$ 는 거리 기반 방식에서의 각각에 해당하는 $K_{(c,0)}$ 를 나타낸다. 위의 식 (7)과 (8)에서 첫 번째 항은 위치 갱신 비용을 나타내며 두 번째 항은 페이징 비용을 나타낸다. 첫 번째 항의 $n/K_{M(c,0)}$ 와 $n/K_{D(c,0)}$ 는 경로 R 상에서 각 기법에 의해 발생하는 평균 위치 갱신 횟수를 의미하며, 이들 횟수에 α 를 곱해줌으로써 평균 위치 갱신 비용을 나타내게 된다. 그리고, 식 (7)과 (8)의 두 번째 항의 $\rho \cdot n$ 은 평균 호 도착 횟수를 의미하며, 이 횟수에 각 기법에서의 PA 내의 셀 수인 N , N_{DB} 와 페이징 비용인 β 를 곱하여 평균 페이징 비용을 계산하였다.

두 기법간의 성능 비교를 위해서, 본 논문에서는 다음과 같이 상대 비용 RC를 정의한다.

$$RC = \frac{\alpha/K_{M(c,0)} + \rho \cdot N \cdot \beta}{\alpha/K_{D(c,0)} + \rho \cdot N_{DB} \cdot \beta} \quad (9)$$

본 논문에서는 식 (9)를 바탕으로 CMR 값에 따른 상대 비용을 수치적으로 분석하여 구하였다. 기존의 위치 관리 연구 논문들은 α 와 β 를 일정 비율로 놓고 비

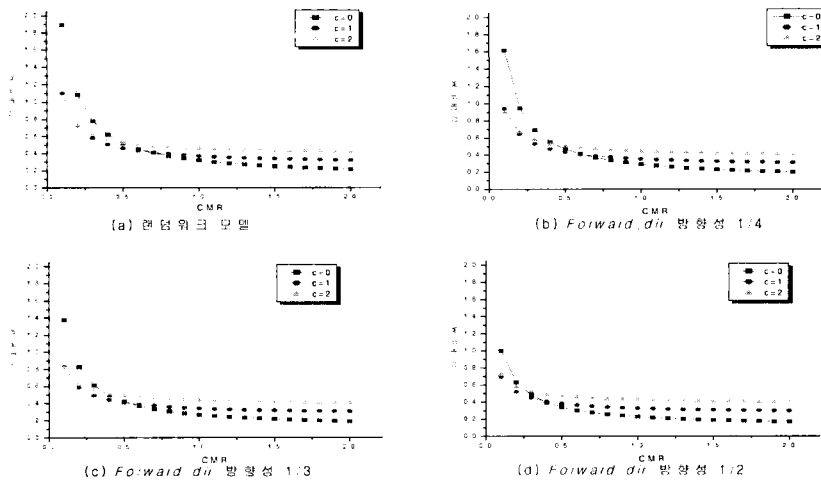


그림 13 $D = 3$ 일 경우의 결과

용 계산을 하며 대부분의 경우에 β 의 비용보다는 α 의 비용이 큰 것으로 가정한다. 본 논문에서는 [11]에 의해서 α 와 β 의 비율은 10:1로 하였으며, 임계거리가 각각 3, 4, 5일 때 상수 c 의 값이 0, 1, 2인 경우에 대해서 고려하였다. 관련 연구의 논문들에서 일반적으로 사용하는 CMR의 값의 범위는 0.1에서 10.0 사이이며, 본 논문에서는 [17]에 기반하여 CMR 값의 범위를 0.1부터 2.0까지로 설정하였다.

그림 13~15는 각각 $D=3, 4, 5$ 일 경우에 랜덤워크 모델과 MT의 특정 방향으로의 이동 방향성이 1/4, 1/3,

1/2인 경우에 대한 상대 비용을 나타낸다.

그림 13~15에서 알 수 있듯이 CMR의 값이 작은 경우를 제외하고 거의 대부분의 CMR 범위에서 제안하는 기법이 효율적이다. 또한 MT가 특정 방향으로 이동하는 방향성이 증가할수록 더 좋은 성능을 나타내는 것을 알 수 있는데, 그 이유는 앞서 언급한 것처럼 방향성이 증가할수록 MT가 더 많은 셀 이동을 해야 페이징 영역을 벗어나고 그러므로 위치 갱신 횟수가 줄어들기 때문이다. 또한 c 값이 작고 CMR이 클수록 성능이 좋아지는데, 이는 CMR이 클수록 이동 횟수에 비해 호 횟수가

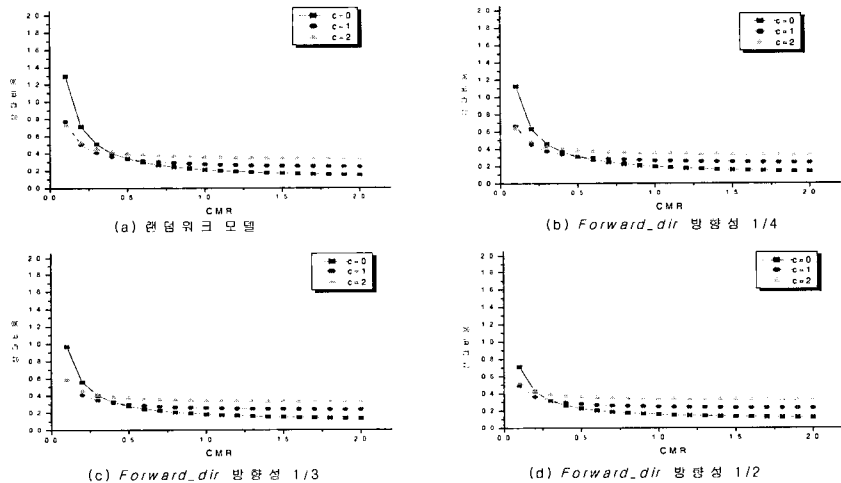


그림 14 $D = 4$ 일 경우의 결과

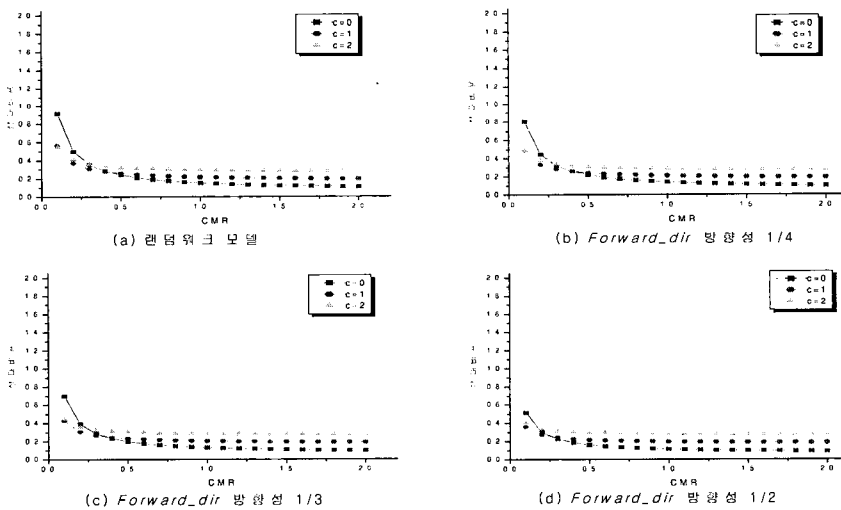


그림 15 $D = 5$ 일 경우의 결과

많아지고 아울러 c 값이 감소함에 따라 페이징 영역이 줄어들게 되어 페이징 비용이 감소하기 때문이다.

일례로 그림 13 (a)와 (d)에서 CMR이 대략 0.25와 0.1 이상인 경우에는 상대 비용이 1 미만으로 감소함을 볼 수 있는데, 그 이유는 제안하는 기법에서는 셀 이동 당 호의 횟수가 많아짐에 따라 거리 기반 기법 보다 페이징 비용이 상대적으로 감소하기 때문이다. CMR이 0.25와 0.1 이하인 경우에는 제안하는 기법이 거리 기반 기법보다 상대적으로 위치 갱신을 하는 비율이 크기 때문에 상대 비용이 다소 높아진다. 또한 D 값이 증가할수록 제안하는 기법이 상대 비용에서 더 좋은 성능을 나타내는 것을 볼 수 있는데, 이러한 결과는 그림 16과 17에서 명확히 보여준다.

그림 16은 랜덤워크 모델 하에서 c 값이 각각 0, 1, 2인 경우 D 값에 따른 상대 비용의 변화를 보여주며, 그림 17은 'Forward_dir'의 방향성이 1/2일 때, c 값이 각각 0, 1, 2인 경우 D 값에 따른 상대 비용의 변화를 보여준다. 그림 16과 17에서 볼 수 있듯이 D 값이 증가할수록 제안하는 기법이 더 좋은 성능을 보여준다. 이러한 결과는 D 값이 증가할수록 거리 기반 방식의 PA 증가 비율에 비해 제안하는 기법의 PA 증가 비율이 훨씬 작기 때문이다.

이상의 결과를 요약하면 다음과 같다. 본 논문에서 제

안한 기법은 고정된 거리 임계값 D 에 대해서는 MT가 특정 방향으로 이동할 방향성의 확률과 CMR이 증가할수록 위치 관리 비용면에서 효율적이며, D 가 증가할수록 효율적이다.

6. 시뮬레이션

이 장에서는 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제안하는 기법과 거리 기반 기법, 그리고 위치 영역 기법간의 위치 관리 비용 측면에서의 성능 비교를 보여준다. 본 시뮬레이션에서 사용될 MT의 이동 데이터는 [18]에서 사용한 이동성 모델인 Traveling Demand 모델에 기반하여 실제 이동 환경에 근접하도록 생성하며 MT의 호 또한 포아송(Poisson) 분포를 이용하여 실세계에 가깝도록 생성시킨다. 이러한 이동 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하며 페이징 비용과 위치 갱신 비용을 포함한 위치 관리 비용의 관점에서 각 기법들을 서로 비교한다.

6.1 사용자의 이동 데이터 및 호 생성 방법

Traveling Demand 모델에서는 랜덤 워크 모델과 달리 MT의 이동 행위를 목적지와 이동 모드를 사용하여 사용자의 이동 행위가 고려되도록 모델링하였다. 이 모델에서 MT가 거쳐 가야할 목적지는 미리 주어지며, 각 목적지에서 MT는 지수 분포를 따르는 일정 시간을 상

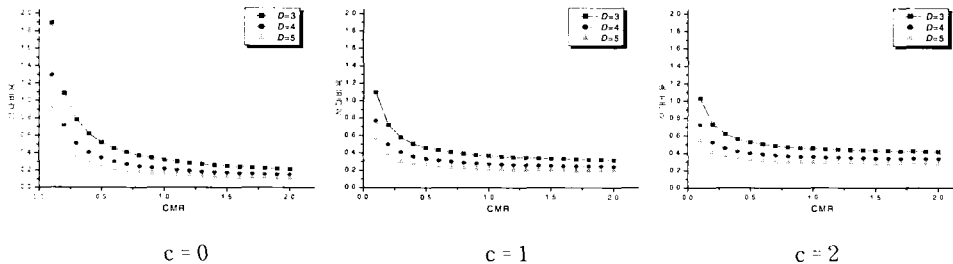


그림 16 랜덤워크 모델

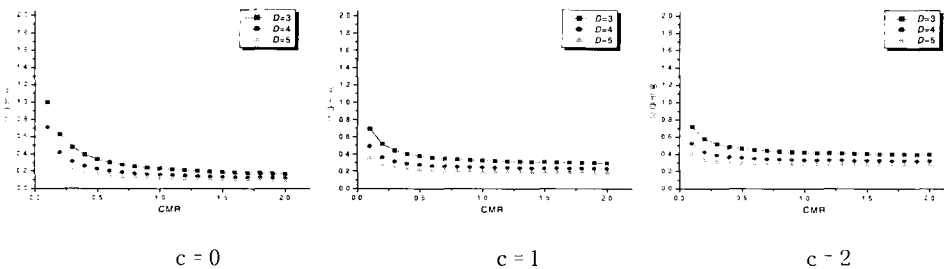


그림 17 'Forward_dir' 방향성 1/2

주한 후에 다음 목적지를 향해서 이동한다.

이동 모드는 MT가 각각의 목적지 사이를 이동할 때의 이동 속성을 나타내는 것으로 이동 속도와 이동 방향으로 표현된다. 각 목적지간의 이동 속도는 평균 이동 속도와 이동 속도 변화율에 의해서 결정된다. MT의 이동 방향을 결정하기 위해 현재 상주하는 목적지에서 다음 목적지로의 방향을 주 방향으로 하여 6 방향에 대한 확률 벡터가 주어지며 이 확률을 이용하여 목적지에 도착할 때까지 계속해서 MT의 이동 방향이 결정된다. 이동 모드에서 기술하는 각 파라미터 값에 의해서 MT는 다양한 이동 패턴을 생성하게 된다.

또한, MT에 대한 호 발생을 모델링하기 위해 본 논문에서는 각 셀에서 MT가 지수 분포를 따라서 상주하는 동안 호는 포아송 분포를 따라 발생하는 것으로 가정하였다.

정리하여 설명하자면, 본 논문에서는 목적지의 좌표 값들과 각 목적지 사이에서 각 방향으로 이동할 확률 벡터의 값, 이동 속도를 이용하여 MT의 이동 궤적을 먼저 생성하고, 이동 궤적의 정보와 MT가 이동한 총 셀 수와 이동을 측정한 총 시간, CMR 등을 파라미터로 이용하여 MT가 거쳐간 각 셀들에 대한 상주시간과 상주 시간동안 발생하는 호의 수 등을 계산하였고 이동 궤적을 포함한 위의 정보를 모두 담고 있는 이동 데이터를 생성하였다. 이러한 이동 데이터를 이용하여 MT의 이동 경로에 대해 각 위치 관리 기법에서 소요되는 위치 관리 비용을 계산하였다. 본 시뮬레이션에서는 이동 방향성에 따라 위치 갱신의 여부와 페이징 영역의 폭이 결정되므로 이동 속도는 이동 데이터의 생성에서 고려되지 않았다. 다만, 시뮬레이션을 위해서 고정된 값을 갖도록 하였다.

6.2 시뮬레이션 환경

본 논문에서의 MT는 자신의 이동 특성에 따라 목적지를 향해서 임의의 이동 경로를 따라 육각형 셀 환경의 임의의 위치로 움직인다고 가정한다. 즉, 고정 경로를 가지지 않는 것으로 가정한다. 육각형 셀 환경은 셀 반경이 1000m인 440(22×20)개의 셀로 구성되어 있으며, 이러한 육각형 셀 환경에서 MT의 이동 위치는 10일 동안 측정되었다.

이동성 데이터를 추출하기 위해 본 논문에서는 이동 방향과 CMR에 따라서 전체 MT를 총 80가지 유형 별로 분류하였다. 표 6은 4가지 이동 방향 유형과 20가지 CMR에 대한 MT의 이동 분류와 파라미터를 보여준다. 그림 18과 그림 19는 각각 이동 방향 확률 벡터가 [1/2, 1/10, 1/10, 1/10, 1/10, 1/10]과 [1/6, 1/6, 1/6, 1/6, 1/6, 1/6]

(1/6, 1/6)]인 경우에 MT의 이동 궤적을 보여준다. 그림 18의 이동 궤적은 'Forward_dir' 방향성에 대한 확률이 1/2이므로 비교적 직선 형태를 갖는다. 반면, 그림 19는 방향성에 대한 확률이 모든 방향에 대해서 동일하므로 그림 18의 이동 궤적보다 훨씬 복잡한 형태의 이동 궤적을 보여준다.

표 6 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
목적지 좌표	{{(443, 433),(373, 563),(233, 563),(93,323),(233,83)}
이동 방향 확률 벡터	[1/2, 1/10, 1/10, 1/10, 1/10, 1/10], [1/3, 2/15, 2/15, 2/15, 2/15, 2/15], [1/4, 3/20, 3/20, 3/20, 3/20, 3/20] [1/6, 1/6, 1/6, 1/6, 1/6, 1/6]
CMR	0.1, 0.2, 0.3, ..., 2.0
평균 이동 속도	10 km/h

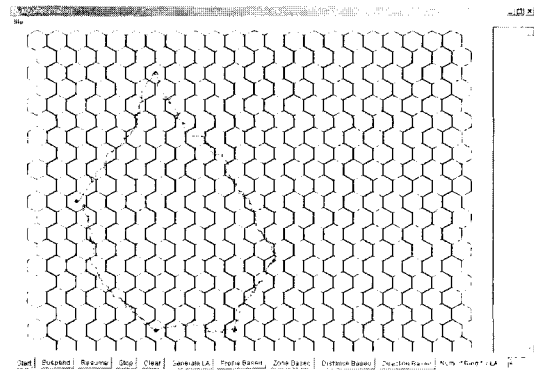


그림 18 'Forward_dir' 방향성이 1/2인 경우의 이동 궤적

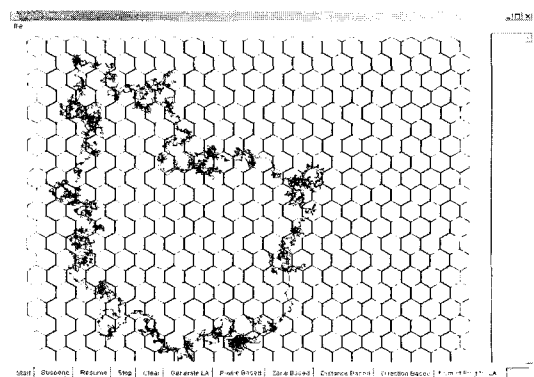


그림 19 랜덤워크인 경우의 이동 궤적

6.3 시뮬레이션 결과

앞서 설명한 이동성 모델과 파라미터를 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과는 다음의 그림 20~23에서 보여준다. 각 그림들은 'Forward_dir' 방향성에 대한 확률이 각각 1/2, 1/3, 1/4, 랜덤인 경우에 거리 기반 기법의 비용을 1.0으로 설정하였을 때 얻은 위치 영역 기법과 본 논문에서 제안한 기법의 상대 비용을 보여준다. 각 그림의 우측 상단에 있는 '위치 영역'과 '이동 방향'은 각각 위치 영역 기법과 본 논문의 기법을 의미한다. 또한, D는 위치 영역 기법에서는 위치 영역의 셀 단위의 반경을, 거리 기반 기법과 본 논문의 기법에서는 마지막 위치 갱신이 발생한 셀로부터의 셀 단위의 임계 거리를 의미한다.

그림 20~23에서 볼 수 있듯이, CMR이 증가할수록 본 논문의 기법이 위치 영역 기법보다 좋은 성능을 보인다. 또한, CMR이 증가하면 할수록 상대 비용이 1.0보다 작아지므로 거리 기반 기법보다 좋은 성능을 가짐을 알 수 있다. 이러한 결과는 페이징 비용의 감소가 전체 비용의 감소를 유도했기 때문이다. 좀더 구체적으로 설

명하자면, CMR이 극히 작은 경우에는 호 횟수보다 이동 횟수가 상대적으로 많다. 이런 경우에는 위치 영역이나 거리 기반 기법보다 상대적으로 작은 페이징 영역을 가지고 있는 본 논문의 제안 기법이 좋지 못한 성능을 보인다. 특히 CMR이 낮은 상황에서 MT가 낮은 이동 방향성을 가지는 경우에는 잦은 위치 갱신을 하게 되므로 성능이 더욱 나빠지게 된다. 예를 들어, MT의 'Forward_dir' 이동 방향성이 1/2인 경우에는 낮은 CMR을 갖더라도 거리 기반 기법과의 상대 비용이 1.5배 이하이지만, 이동 방향성이 랜덤한 경우에는 거리 기반 기법과의 상대 비용이 거의 2.9 배까지 이른다. 반면, CMR이 증가하면 이동 횟수보다 호 횟수가 상대적으로 많게 된다. 이런 경우에 본 논문의 기법은 방향성의 변화에 상관없이 거리 기반 기법보다 5배 정도까지 비용 절감 효과를 보인다. 이는 본 논문의 기법이 MT의 이동 방향성에 따라 페이징 영역의 폭을 적응적으로 이동 상황에 맞게끔 구성하므로 페이징 영역이 정적으로 구성되는 위치 영역 기법과 거리 기반 기법보다 상대적으로 적은 페이징 비용을 유도하기 때문이다. 이동 방향성이

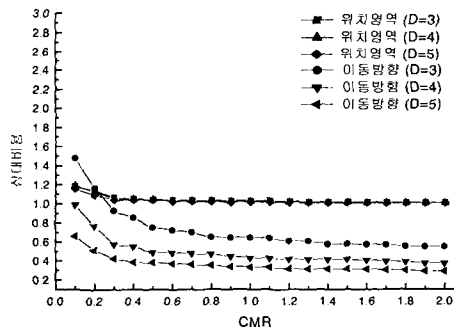


그림 20 'Forward_dir' 방향성 1/2

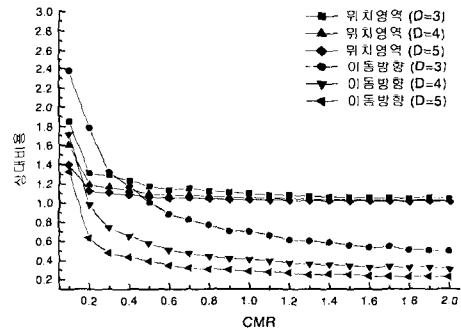


그림 22 'Forward_dir' 방향성 1/4

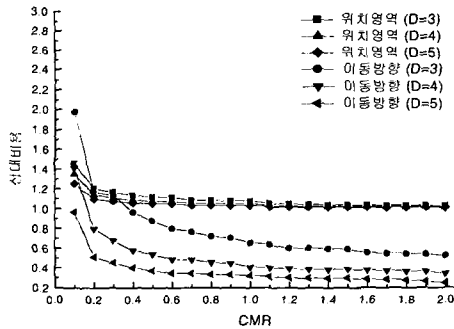


그림 21 'Forward_dir' 방향성 1/3

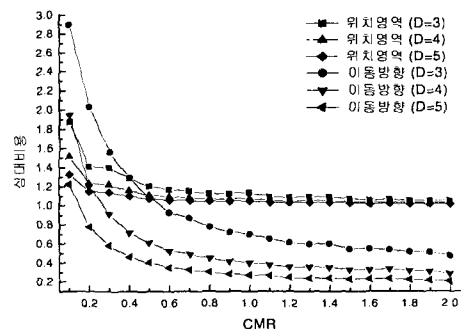


그림 23 랜덤워크 모델

1/2일 때를 예로서 들면, D=3일 경우에는 CMR이 0.3보다 큰 상황에서 이러한 효과를 볼 수 있다.

또한, 그림 20~23에서 D 값이 커질수록 본 논문에서 제안한 기법의 상대 비용이 작아짐을 알 수 있다. 이는 D 값이 커질수록 위치 영역 기법과 거리 기반 기법에서는 착 호 발생시의 페이징 비용이 크게 증가하나 본 논문의 기법은 MT의 이동성에 따라 동적으로 페이징 영역의 폭을 결정하기 때문에 상대적으로 적게 페이징 비용이 증가하기 때문이다. 본 논문의 기법에서의 D는 마지막 갱신 위치로부터 셀 단위의 거리를 의미한다. 따라서, D값이 커지면 마지막 갱신 위치로부터 거리가 점점 증가되는데, 이 경우 MT가 다른 이동 방향보다 큰 'Forward_dir' 방향성을 갖고 이동하면 위치 갱신의 횟수를 줄일 수 있다.

이상의 시뮬레이션 결과를 살펴볼 때, 본 논문의 기법은 위치 영역 기법과 거리 기반 기법보다 CMR이 극히 작은 경우를 제외한 거의 모든 CMR에 대해서 좋은 성능을 보이며 아울러 위치 영역 기법과 거리 기반 기법에서 페이징 영역이 커지면 커질수록 즉, D값이 커지면 커질수록 본 논문의 기법이 훨씬 적은 위치 관리 비용을 갖는다. 이러한 효과는 본 논문의 기법에서의 페이징 영역이 MT의 이동성에 맞게 동적으로 형성되어 페이징 비용을 가능하면 최소로 줄이기 때문이다.

7. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 이동 단말의 이동 방향성을 고려한 새로운 위치 관리 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 이동 방향 벡터 정보를 이용하여 이동 단말의 이동성을 파악하며, 이동 방향 벡터의 상쇄 연산을 통해 위치 갱신의 실행 여부를 결정한다. 또한, 제안한 기법에서는 이동 단말이 위치 갱신을 수행할 때마다 개별 이동 단말의 특성에 따라 페이징 영역이 동적으로 변한다. 이러한 개별 이동 단말에 대한 페이징 영역은 이동 단말의 이동 방향 특성에 맞게끔 형성되므로 위치 영역 기반의 기법이나 거리 기반 기법보다 작은 페이징 영역을 가지며 이동 통신 시스템이 이동 단말을 찾기 위해 페이징을 수행할 경우 페이징 비용을 크게 감소시킬 수 있는 장점을 가진다. 또한 페이징 영역이 감소하더라도 이동 단말이 특정 방향으로의 이동 방향성을 가지고 있고 거리 임계값이 클 경우에는 형성된 페이징 영역을 벗어날 때까지 이동해야 하는 셀의 수가 증가하므로, 다른 기법에 비해 위치 갱신의 횟수가 그리 증가하지 않는다.

본 논문에서는 제안한 기법과 거리 기반 기법의 위치 관리를 모델링한 후 수치적 비교와 시뮬레이션을 통해

성능을 비교하였다. 분석 결과는 제안한 기법의 효율성을 보여주었다. 특히, CMR 값이 극히 작은 경우를 제외한 대부분의 영역에서 거리 기반 기법보다 위치 관리 비용 면에서 우수함을 보이며, 이동 단말이 특정 방향으로의 이동성이 클수록 제안한 기법이 훨씬 감소된 위치 관리 비용을 보여주었다. 또한, c값이 작고, CMR이 클수록, 그리고 D값이 증가할수록 거리 기반 기법에서의 위치 관리 비용에 비해 훨씬 우수한 성능을 보였다.

따라서, 본 논문에서 제안된 기법은 실제 이동 통신 시스템에서 이동 단말의 이동 방향성을 이용하여 동적으로 페이징 영역을 구성할 수 있고, 착 호 시 페이징을 위한 네트워크 트래픽을 감소시킴으로써 기존의 위치 관리 기법보다 비용 측면에서 효율적인 위치 관리를 수행할 수 있다.

본 논문에서 제안한 위치 관리 기법의 목적은 고속도로 등의 특정 방향으로 일정한 이동성을 갖는 이동 단말의 효율적인 위치 연산의 수행에 있었다. 이동 방향성의 사용으로 인해 다른 기법들 보다 적은 페이징 비용을 유도하여 전반적인 위치 관리 비용을 줄일 수 있었다. 그러나, 일정한 이동 방향성을 갖고 있지 않은 이동 단말의 경우에 자주 발생하게 되는 핑퐁(ping pong) 효과와 그로 인한 잦은 위치 갱신을 고려한 방법에 대해서는 향후에 연구가 더 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] V.W.S Wong and V.C.M Leung, "Location Management for Next Generation Personal Communications Networks," *IEEE Network*, vol. 14, no. 5, pp. 18-24, 2000.
- [2] I. Akyildiz and J. Ho, "On Location Management for Personal Communications," *IEEE Communication Magazine*, vol. 34, no. 9, pp. 138-145, 1996.
- [3] A. Lombardo, S. Palazzo, and G. Schembra, "A Comparison of Adaptive Location Tracking Schemes in Personal Communications Networks," *Int. Journal of Wireless Information Networks*, vol. 7, no. 2, pp. 79-89, April 2000.
- [4] A. Bar Noy, I. Kessler, and M. Sidi, "Mobile User: Update or not to Update?," *Wireless Networks*, vol. 1, no. 2, pp. 175-186, 1995.
- [5] J. Ho and I. Akyildiz, "Mobile User Location Update and Paging Under Delay Constraints," *Wireless Networks*, vol. 1, no. 4, pp. 413-425, 1995.
- [6] U. Madhow, M. Honig, and K. Stegilitz, "Optimization of Wireless Resources for Personal

- Communications Mobility Tracking," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 3, no. 6, pp. 698-707, 1995.
- [7] K. Yeung and T. Yum, "A Comparative Study on Location Tracking Strategies in Cellular Mobile Radio Systems," *Proc. IEEE GLOBECOM '95*, pp. 22-28, 1995.
- [8] I. Akyildiz, J. Ho, and Y.-B. Lin, "Movement Based Location Update and Selective Paging for PCS Networks," *IEEE Trans. on Networking*, vol. 4, no. 4, pp. 629-638, 1996.
- [9] C. Rose, "A Greedy Method of State based Registration," *Proc. IEEE ICC '96*, vol. 2, pp. 1158-1162, 1996.
- [10] J. Ho and I. Akyildiz, "A Dynamic Mobility Tracking Policy for Wireless Personal Communications Networks," *Proc. IEEE GLOBECOM '95*, vol. 1, pp. 1-5, 1995.
- [11] H. Xie, S. Tabbane, and D. J. Goodman, "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis," *Proc. IEEE VTC '93*, pp. 536-539, 1993.
- [12] D. Plassmann, "Location Management Strategies for Mobile Cellular Networks of 3rd Generation," *Proc. of IEEE VTC*, vol. 1, pp. 649-653, 1994.
- [13] H.-W. Hwang, M.-F. Chang, and C.-C. Tseng, "A Direction-Based Location Update Scheme with a Line Paging Strategy for PCS Networks," *IEEE Communication Letters*, vol. 4, no. 5, pp. 149-151, 2000.
- [14] J. Zhang, "A Cell ID Assignment Scheme and Its Applications," *Proc. of 2000 Int. Workshop on Parallel Processing*, pp. 507-512, 2000.
- [15] I. Akyildiz, Y.-B. Lin, W.-R. Lai, and R.-J. 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.
- [16] V.S.V. Wong and V.C.M. Leung, "An Adaptive Distance-Based Location Update Algorithm for Next-Generation PCS Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 19, no. 10, pp. 1942-1952, Oct. 2001.
- [17] Y.-B. Lin, "Reducing Location Update Cost in a PCS Network," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 5, no. 1, pp. 25-33, Feb. 1997.
- [18] Joon Min Gil, Chan Yeol Park, Youn-Hee Han, and Chong-Sun Hwang, "User Mobility Simulation by Traveling Demand Model in Mobile Environments," *Proc. of 1st Asian Int. Mobile Computing Conf.*, pp. 113-122, Nov. 2000.



김 태 수

2000년 강릉대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학사). 2002년 고려대학교 컴퓨터학과 대학원 졸업(이학석사). 2000년 3월 ~ 2002년 2월 고려대학교 기초과학연구소 연구원. 2002년 1월 ~ 현재 LG텔레콤 전략개발실 기술전략팀. 관심분야는 이동 컴퓨팅, 위치 관리, 위치기반 서비스, CDMA2000 1x WCDMA, All IP 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



한 연 회

1996년 2월 고려대학교 수학과 졸업(이학사). 1998년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 대학원 졸업(이학석사). 2002년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 대학원 졸업(이학박사). 1998년 3월 ~ 2002년 2월 고려대학교 기초과학연구소 연구원. 2002년 3월 ~ 현재 삼성 종합기술원 i-Networking Lab. 전문연구원. 관심분야는 이동성 관리, Mobile IP, 네트워크 이동성 IP QoS 등



황 종 선

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