

# 고속으로 이동하는 노드들을 위한 효율적인 위치 갱신 기법

## (An Efficient Location Management Scheme for High-speed Mobile Nodes)

송 의 성 <sup>†</sup>    길 준 민 <sup>\*\*</sup>    황 증 선 <sup>\*\*\*</sup>  
(Ui-Sung Song) (Joon-Min Gil) (Chong-Sun Hwang)

**요 약** 최근 들어 이동 사용자의 폭발적 증가로 인해 이동 통신 시스템에서 위치 관리가 중요해지고 있다. 현재 이동 통신 시스템에서 사용중인 위치 관리 기법은 위치 영역 개념을 사용하며, 이동 노드는 새로운 위치 영역으로 이동할 때마다 위치 갱신을 수행한다. 그러나, 이 기법은 이동률이 호 도착률보다 높은 사용자에게 대해서는 불필요한 위치 갱신을 피할 수 없으며 상당한 위치 관리비용을 초래한다. 이러한 단점을 극복하기 위해서, 본 논문에서는 서비스 영역을 두 개의 집합으로 분할한다. 하나는 이동 사용자들이 고속으로 이동하는 영역들의 집합이며 나머지 하나는 저속으로 이동하는 영역들의 집합이다. 이들 두 개의 집합을 구성한 후, 본 논문에서는 각 영역 집합에 대해서 서로 다른 위치 추적 기법을 적용한다. 일반적으로, 고속으로 이동하는 대다수 노드는 낮은 CMR을 가지며 목적지에 도착할 때까지 일정한 이동 방향성을 갖는다. 노드의 이러한 특성을 이용하여, 사용자가 이동할 다음 위치를 시스템은 미리 예측할 수 있다. 노드가 시스템에서 예측한 위치 영역으로 이동한 경우에는 위치 갱신을 수행하지 않도록 함으로써 위치 관리에 소요되는 비용을 감소시킬 수 있다.

제안 기법의 성능을 분석하기 위해 마코프 모델이 사용되었다. 이 모델을 통해서, 본 논문에서는 제안 기법을 IS-41과 TLA의 두 가지 기법과 성능을 비교한다. 성능 분석 결과는 이동 노드의 CMR이 낮을수록 그리고 이동 통신 시스템에서 예측한 특정 위치 영역으로 이동 노드가 이동할 확률이 높을수록 제안 기법의 전체적인 위치 관리비용은 감소됨을 보여주었다. 또한, HLR과 VLR간의 통신비용이 높을수록 두 기법들보다 성능이 우수하였다.

**키워드** : 이동 통신 시스템, 위치 관리, 위치 영역, 이동 노드

**Abstract** Recently, a location management is being more important in mobile communication systems due to an explosive increase of mobile users. Current systems have used a concept of location area. Based on this concept, a mobile user performs a location update whenever it moves into a new location area. However, this scheme can not avoid unnecessary location updates when a mobile user moves around with high movement rate as compared to call arrival rate. That results in tremendous location management cost. To overcome this drawback, our proposal divides service areas into two sets: One is a set of areas that mobile users move with high speed and another is a set of areas that they move with low speed. After establishing these two sets, this paper employs different location tracking schemes for each sets. Generally, most mobile users with high speed have a low CMR and a regular direction until they arrive at their destination. Using such the moving behavior, systems can predict a mobile user's next location area in advance. When the mobile user moves into the predicted location, our proposal does not perform a location update. Thus, it can reduce overall location management cost.

The Markov model is used to analyze the performance of our proposal. Using the model, this paper

· 고려대학교 특별연구비에 의하여 수행되었음(Supported by a Korea University Grant)

<sup>†</sup> 비 회 원 : 고려대학교 컴퓨터학과

ussong@disys.korea.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 비 회 원 : 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터 연구원

jmgil@kisti.re.kr

<sup>\*\*\*</sup> 종 신 회 원 : 고려대학교 컴퓨터학과 교수

hwang@disys.korea.ac.kr

논문접수 : 2002년 12월 30일

심사완료 : 2003년 5월 29일

compares our proposal with IS-41 and TLA. The analytic results show that as CMR grows lower, an overall cost of our proposal becomes less, particularly if a mobile user frequently moves into the specific location area predicted by mobile systems. Also, our proposal has a better performance than other two schemes when the communication cost between HLR and VLR is high.

**Key words** : Mobile Communication Systems, Location Management, Location Areas, Mobile Node

## 1. 서론

이동 통신 시스템(mobile communication systems)은 이동 노드(Mobile Node: 이하 MN)의 위치에 관계 없이 통신을 할 수 있도록 해준다. 원활한 통신 서비스의 제공을 위해서 MN의 위치를 추적하는 위치 관리(location management)는 이동 통신 시스템에서 매우 중요하다. 이동 통신 시스템에서 위치 관리는 각 MN에 대한 위치 정보의 유지, 관리 방법과 MN에 대한 호(call) 설정을 효율적으로 처리하기 위한 절차를 다룬다.

IS-41(Interim Standard-41)[1]이나 GSM(Global System for Mobile communications)[2, 3]과 같은 표준을 사용하는 현재의 이동 통신 시스템은 서비스 영역을 여러 개의 위치 영역(location area)들로 나누어 관리한다. 각 위치 영역들은 여러 개의 연속적인 셀(cell)을 그룹화시켜 구성되며, MN이 위치 영역의 경계를 벗어날 때마다 MN은 자신이 진입한 새로운 위치 영역을 시스템에 알려주는 위치 갱신(location update)을 수행한다. 또한, 착 호(incoming call) 발생 시에 시스템은 MN이 가장 최근에 위치 갱신을 수행한 위치 영역을 찾아 해당 위치 영역을 페이징(paging)하여 MN을 찾아내는 위치 탐색(location search)을 수행한다.

최근 이동 통신 시스템은 급속한 MN 수의 증가와 서비스 영역의 증가를 경험하고 있다. 폭증하는 노드에게 고품질의 이동 통신 서비스를 원활히 제공해 줄 수 있는 가장 단순한 방법은 셀의 크기를 감소시키는 것이다. 그러나, 위치 영역의 크기를 고정시킨 채 셀 크기만을 감소시키면 위치 영역내의 셀의 수가 증가하게 된다. 이 경우에는 위치 갱신을 처리하기 위한 비용은 크게 변화가 없으나 착 호 발생 시 많은 수의 셀을 페이징해야하기 때문에 위치 탐색에 소요되는 비용이 증가한다. 반대로, 위치 영역 내에 포함되는 셀의 수를 고정시키면 위치 탐색에 소요되는 비용은 변화가 없으나 위치 영역의 크기가 감소하게 되므로 위치 갱신의 수가 증가하여 위치 갱신 비용이 증가한다.

앞서 언급한 단점들을 극복하고자 여러 위치 관리 기법이 개발되어져 왔다. 기존에 연구된 위치 관리 기법들에서는 위치 갱신과 위치 탐색의 비용을 최소화시키기 위해서 주로 MN의 호 도착률(call arrival rate), CMR

(Call to Mobility Ratio) 등을 고려하였다. 이러한 연구들은 개별 노드의 특성을 고려한 동적 위치 관리 기법으로서 IS-41이나 GSM의 위치 관리상의 단점들을 다양한 각도에서 개선하고자 하였다. 그러나, 기존의 연구에서는 MN이 상주하는 지리적인 영역의 특성에 따라서 MN의 이동 속도와 이동 방향의 변화율이 달라진다는 점을 고려하여 위치 관리를 수행하는 연구가 거의 이루어지지 않았다. 그러므로, 본 논문에서는 MN이 상주하는 지리적 영역의 특성, MN의 이동성 그리고 이동 방향성을 이용하는 효율적인 위치 관리 기법에 대한 연구를 수행하였다.

MN의 이동성은 이동 속도에 따라서 고속으로 이동하는 MN과 저속으로 이동하는 MN으로 구분할 수 있다. 예를 들어, 주거지역이나 상가지역 등에 머무르고 있는 MN들은 도보 등을 통해서 이동하므로 일반적으로 저속으로 이동을 하며, 철도나 도로 등을 이용하는 MN들은 고속으로 이동한다. 고속 MN은 단위 시간동안 이동하는 거리가 크므로 상대적으로 저속의 MN보다 잦은 위치 갱신을 수행하게 된다. 또한, MN의 단위 시간당 도착하는 착 호의 평균 비율이 일정할 때, MN이 저속으로 이동하는 경우의 CMR 값보다는 고속으로 이동하는 경우의 CMR 값이 상대적으로 더 작다. MN이 위치 갱신을 수행한 위치 영역 내에 상주하는 동안 착 호가 한번도 발생하지 않는다면 그 위치 영역에서 수행한 위치 갱신은 불필요한 위치 갱신이 되기 때문에, 고속으로 이동하는 낮은 CMR의 MN이 위치 영역이 바뀔 때마다 위치 갱신을 수행하는 것은 비효율적이다. 특히, 많은 MN들이 고속도로나 열차와 같은 고속 이동 매체를 이용하여 이동하고 있는 경우에는 위치 영역이 변경될 때마다 짧은 시간동안 많은 수의 위치 갱신이 수행되어야 하므로 시스템 부하도 상당히 증가한다.

아울러, 고속 MN 중 다수는 목적지에 도착할 때까지 도로 또는 철도 시스템에 따라서 이동하게 되므로 기구 축된 도로망이나 철도망에 의해서 일정한 이동 패턴을 갖게 된다[4]. 뿐만 아니라 시간대에 따라서 MN들은 일정한 흐름을 갖는다. 예를 들어, 출근 시간에는 주거지역의 위치 영역에서 근무지역의 위치 영역 쪽으로 MN들이 많이 이동하게 된다. 이러한 경우에 각 위치 영역 내의 MN들은 이웃한 여러 위치 영역들 중 특정 위치

영역으로 이동할 확률이 커져 이동 방향성을 가지게 된다. 특정 위치 영역으로 이동할 확률이 크면 이웃한 다른 위치 영역들에 비해 특정 위치 영역으로 진입하는 MN들이 많아지고 상대적으로 많은 수의 위치 갱신이 수행되어 시스템의 부하가 증가하게 된다. 특히, 이동 방향성을 가진 다수의 고속의 MN들이 특정 위치 영역으로 이동하는 경우에는 특정 위치 영역에서 짧은 시간 동안 많은 양의 위치 갱신이 요구되어 시스템의 부하가 증가된다. 그러므로, MN의 이동 방향성을 고려하여 위치 갱신의 횟수를 감소시키는 효율적인 위치 관리 기법의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 MN의 이동성과 이동 방향성을 고려한 효율적인 위치 관리 기법을 개발하기 위해, 첫 번째로 MN의 이동성은 지리적인 영향을 많이 받는다는 사실에 주목하였다. 즉, 주거 지역 등에서는 저속으로 이동하는 MN이 많고 고속 도로나 주요간선 도로에는 고속으로 이동하는 MN이 많다. 그래서, 위치 영역을 구성할 때 MN들이 저속으로 이동하는 영역들의 집합과 MN들이 고속으로 이동하는 영역들의 집합으로 두 개의 영역 집합을 구성하고 각 집합에 대해 서로 다른 위치 관리 기법을 적용할 것을 제안한다. 두 번째로, CMR이 낮은 고속 MN들이 이동 방향성을 가지는 경우에 이들 MN들이 이동할 다음 번 위치 영역을 미리 MN들에게 알려줌으로써 불필요한 위치 갱신을 감소시키는 방법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 위치 갱신 시에 시스템이 MN의 이동 방향을 고려하여 다음 번에 위치 갱신을 수행할 확률이 가장 높은 위치 영역을 미리 MN에게 알려준다. 이러한 정보를 바탕으로 MN은 자신이 사전에 알고 있는 위치 영역에 진입했을 때에는 위치 갱신을 수행하지 않음으로써 불필요한 위치 갱신의 수를 줄여 위치 관리에 소요되는 비용을 감소시킨다. 아울러, MN의 상태를 마코프 모델을 이용하여 설계한 후 기존의 위치 관리 기법과의 성능 분석을 통해 제안하는 기법의 효율성을 검증한다.

본 논문에서는 제안하는 기법의 성능 분석을 위해서 위치 영역 기법을 사용하는 IS-41과 노드의 지역적인 이동성을 이용하는 TLA(Two Location Algorithm) 기법을 성능 비교 대상으로 삼는다. IS-41은 CMR이 낮은 노드에 대해서 불필요한 위치 갱신의 수행이 증가하는 단점이 있다. 한편, IS-41의 단점을 보완한 TLA 기법에서는 고속도로 등과 같이 MN이 고속으로 일정한 이동 방향성을 가지고 이동하는 경우에 MN의 지역적 이동의 효과가 적어 위치 갱신의 감소 효과가 둔화된다. IS-41이나 TLA 기법과 달리, 제안하는 기법에서는 CMR이 낮은 MN이 위치 갱신을 수행할 때, 시스템이 다음 번에 위치 갱신을 수행할 확률이 가장 높은 위치

영역을 MN에게 미리 알려 주고, MN이 알려준 위치 영역으로 이동하였을 때에는 위치 갱신을 수행하지 않도록 한다. 따라서, 본 논문의 기법은 MN에 대한 불필요한 위치 갱신을 IS-41이나 TLA보다 상대적으로 줄임으로써 전체적인 위치 관리비용을 감소시켜 줄 것으로 기대한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동 단말 노드의 위치 관리를 위한 기존 기법들을 간략히 살펴본다. 본 논문에서 가정한 시스템 모델은 3장에서 기술하며, 4장에서는 본 논문에서 제안하는 위치 관리 기법에 대해 설명한다. 5장에서는 제안하는 기법에 대한 마코프 모델을 설계하며, 6장에서는 제안한 기법의 성능과 다른 기법들의 성능을 비교하고 분석한다. 마지막으로 본 논문의 결론을 7장에서 제시한다.

## 2. 관련 연구

현재까지 제안된 위치 관리 기법들은 크게 두 종류로 나눌 수가 있다. 첫 번째 종류는 현재 널리 사용되고 있는 위치 영역 기법을 점진적으로 향상시키는 기법이다. [5, 6, 7]에서 제안된 기법들이 이 범주에 포함되는 기법들로서 위치 갱신과 위치 탐색에 사용되는 비용을 최소화시키려 하였으나, 위치 갱신과 위치 탐색은 서로 상반되는 특성을 가지고 있어서 이 둘을 동시에 최소화시키는 쉽지 않다. 한편, [8, 9]에서는 시스템이 MN이 상주하게 될 위치 영역을 여러 개의 부(sub) 영역으로 나누고 이들을 순서대로 페이징하여 탐색하는 순서 페이징(sequential paging) 기법을 소개하였다. 이들 기법을 향상시킨 기법으로서 [10, 11]에서는 위치 영역을 기반 기법으로 사용하면서 각 MN의 프로파일 정보와 순서 페이징 기법을 이용하였다. 그러나, 순서 페이징 기법은 페이징 시그널링을 감소시킬 수 있으나 최악의 경우에는 심각한 페이징 지연을 발생시킬 수 있는 문제점이 있고, 각각의 MN에 대해서 프로파일 정보를 이용하는 것은 시스템에 많은 부하를 주게 되어 시스템 성능을 저하시키는 요인이 된다.

두 번째 종류로 MN의 동적 이동 특성을 이용한 기법들이 [12]에서 소개되었다. 이들 기법들에서 MN은 가장 최근의 위치 갱신 이후로 경과된 시간, 가로지른 셀 수, 또는 움직인 거리등에 기반하여 위치 갱신을 수행한다. 각 개별 MN의 동적 이동 특성을 고려하였기 때문에 이들 기법은 IS-41이나 GSM보다 위치 갱신을 줄일 수 있으나 개별 MN에 대해 선택된 임계값에 따라 서로 다른 성능을 보이며, 더욱이 보다 심각한 문제점은 각 MN에 적합한 최적의 임계값들을 구하기가 쉽지 않다는 점이다. [13]에서는 MN의 현재 위치 영역과 이전 위치 영역을 시스템과 MN이 저장함으로써 이전 위치 영역으로

로 되돌아가는 경우에는 위치 갱신을 수행하지 않는 TLA 기법이 소개되었다. 이 기법은 MN의 지역적 이동성, 즉 인접한 두 위치 영역사이를 MN이 자주 이동하는 경우를 고려한 기법이다. MN이 이전 위치 영역으로 되돌아가는 확률이 높은 경우에는 위치 갱신의 횟수를 감소시킬 수 있으므로 효율적이나 고속도로 등과 같은 곳에서 먼 거리를 이동하는 MN 등에 대해서는 비효율적이다.

또한, [14, 15, 16]에서는 MN의 위치를 예측하기 위해, 가장 최근에 위치 갱신을 한 시점에서의 각 MN의 속도와 이동 궤적이 고려되었다. 이들 기법은 위치 영역 기법이나 예측을 사용하지 않는 동적인 기법들보다 낮은 위치 관리비용을 가진다. 그러나, 각 MN마다 이동 위치를 예측하기 위해 각 MN의 이동성 정보를 모아야 한다. 그래서, 많은 데이터베이스 용량을 요구하며 시스템에게 상당량의 계산을 요구함으로써 무시 못할 시스템 부하를 야기한다. 이러한 점이 [10, 15]에 있는 기법들을 복잡하고 구현하기 어렵게 만든다.

대부분의 MN들은 이동하는 동안 최단 시간에 목적지에 도착하기 위해 출발지에서 목적지로의 방향으로 되도록 이동하려고 하며, 이미 기존에 만들어져 있는 도로망이나 철도 시스템을 이용하여 이동한다[4]. 그리고, 이러한 MN들은 이동 방향성을 가지며, 이동 궤적은 도로망 등의 지리적인 구조의 영향을 받게 된다. 현실 세계에 적합한 위치 관리를 위해서는 MN의 속도에 의한 이동성뿐만 아니라 이동 방향성도 고려하여야 한다. 그러므로, 도로망 등을 통해 이동하는 MN들처럼 이동 방향성을 지닌 MN들을 고려한 효율적인 위치 관리 기법이 개발되어야 한다.

본 논문에서는 낮은 계산 부하와 위치 갱신 횟수의 감소를 제공하며 위치 예측 개념과 위치 영역의 개념을 혼합하여 이용하는 새로운 위치 관리 기법을 제공한다.

### 3. 시스템 모델

이 장에서는 본 논문에서 가정하는 이동 통신 시스템 모델에 대해서 기술한다. 그림 1은 본 논문에서 가정하는 이동 통신 시스템의 구조를 보여준다. 이동 통신 시스템의 서비스 영역은 기지국(base station)에 의해서 관리되는 셀이라 불리는 지리적 영역에 의해서 분할된다. MN은 자신이 현재 속한 셀의 기지국과 무선으로 통신하며, 기지국들은 MSC(Mobile Switching Center)와 유선으로 연결된다. 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 위치 영역 내에 존재

하는 MN의 정보를 일시적으로 저장하는 데이터베이스이다. HLR(Home Location Register)은 이동 통신 시스템을 통해 서비스를 제공받고 있는 시스템 내의 모든 MN의 정보를 저장하는 데이터베이스로서 MN의 위치 정보 외에 디렉토리 정보, 프로파일 정보 등과 같은 부가적인 정보들을 저장하고 있다. MSC, VLR, 그리고 HLR은 PSTN(Public Switched Telephone Network)을 통해 상호 연결되어 있다. 실제 이동 통신 시스템에서 하나의 MSC에는 많은 기지국들이 연결되며 각 기지국마다 셀들이 존재한다. MSC는 셀들의 그룹으로 구성되는 하나 이상의 위치 영역을 관리할 수 있다. 하나의 MSC가 여러 위치 영역을관리하는 경우에는 두 가지 종류의 위치 갱신이 존재한다. 첫 번째는 MN이 동일 MSC에 의해서 관리되는 위치 영역 사이를 이동할 때 VLR에 저장된 위치 정보를 갱신하는 경우이고, 두 번째는 MN이 서로 다른 MSC에 의해서 관리되는 위치 영역 사이를 이동할 때 VLR 뿐만 아니라 HLR에 저장된 위치 정보도 갱신하는 경우이다. 위의 두 가지 위치 갱신 중 동일 MSC 내에서 위치 영역간의 이동에 의해 수행되는 위치 갱신보다 서로 다른 MSC간 이동에 의해서 수행하는 위치 갱신이 시스템에 더 많은 부하를 준다. 그러므로, 본 논문에서는 서로 다른 MSC간에 이동할 때 수행하는 위치 갱신을 모델링하고 더욱이 성능 분석을 단순화시키기 위하여 MSC가 하나의 위치 영역을 관리하는 것으로 가정한다. 이러한 가정 하에서 MN의 위치 영역간 이동은 MSC간 이동을 의미한다.

본 논문에서는 그림 1에서와 같이 MN과 HLR 각각은 위치 정보를 저장하기 위한 작은 메모리 테이블을 가지고 있는 것으로 가정한다. M1에는 MN이 현재 상주하고 있는 위치 영역의 식별자가 저장된다. M2에는 MN이 현재 어느 위치 영역에 상주하고 있는가에 따라서 서로 다른 위치 영역 식별자가 저장된다. MN이 위치 갱신을 수행한 위치 영역에 상주하고 있는 경우에는 MSC로부터 할당받은 위치 영역의 식별자가 M2에 저장되며, MN이 MSC로부터 할당받은 위치 영역에 머무르고 있는 경우에는 바로 직전에 상주했던 위치 갱신을 수행한 위치 영역의 식별자가 M2에 저장된다. M3에는 현재의 위치 영역으로 이동하기 바로 직전의 위치 영역 식별자가 저장된다. M3에 저장된 값은 MN이 위치 갱신을 수행할 때, MSC로 전달되며 MSC가 어느 위치 영역 식별자 값을 그 MN에게 할당해 줄 것인지를 결정하는데 사용된다. HLR은 각각의 MN에 대해서 MN이 위치 갱신을 수행한 위치 영역 식별자를 기억하기 위한 기억 공간(H1)과 MSC로부터 할당받은 위치 영역 식별자를 기억하기 위한 기억 공간(H2)을 가지는 테이블을 유지한다고 가정한다.

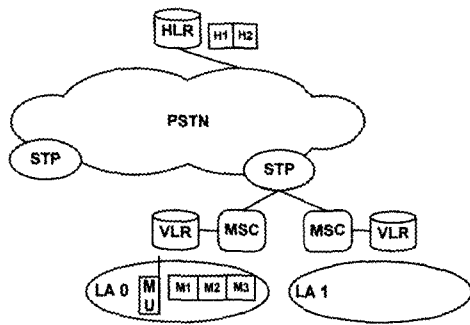


그림 1 이동 통신 시스템의 구조

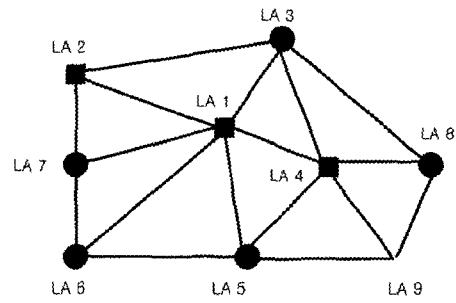


그림 3 노드들의 이동성을 고려한 위치 영역의 네트워크 모델

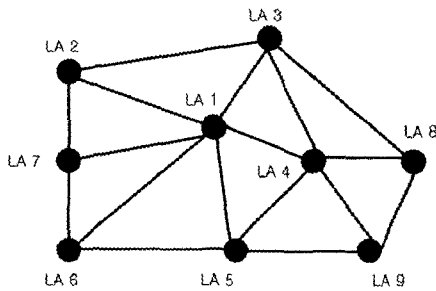


그림 2 위치 영역의 연결을 보여주는 네트워크 모델

그림 1과 같은 구조는 [10]의 모델링 기법을 사용하여 그림 2와 같이 연결 그래프  $G=(V, E)$ 로 표현될 수 있다. 여기서, 노드 집합  $V$ 는 위치 영역을 나타내며 에지 집합  $E$ 는 두 위치 영역간의 접근 경로(예를 들어, 일반적으로, 고속도로, 철도 등)를 나타낸다.

트래픽 흐름 이론(Traffic flow Theory)에 의하면 일반적으로 사람들은 오랜 기간동안 특정 장소에 상주한다 [4]. 때때로, 그들은 새로운 위치로 이동하며 가능한 한 고속도로 등과 같은 간선 도로들을 이용하여 여행 시간을 최소화하려고 한다. MN의 이동성은 상황에 따라서 저속 MN과 고속 MN으로 분류할 수 있다. 예를 들어, MN이 주거 지역이나 근무 지역에 머무르는 동안에는 저속 MN이 될 것이며 자동차 등의 고속 이동 매체를 이용하여 이동하는 경우에는 고속 MN이 될 것이다.

앞서 서론에서 설명했듯이, MN의 이동성을 고려하지 않은 채 고속인 경우와 저속인 경우 모두에 대해서 동일한 위치 관리 기법을 사용하는 것은 비효율적이며 MN의 이동성에 따라서 서로 다른 기법을 사용하는 것이 바람직하다.

MN의 이동 속도가 저속인지 고속인지의 여부는 MN이 현재 상주하고 있는 지리적인 영역에 따라 달라진다. 예를 들어, 고속 도로나 주요간선 도로들의 영역은 MN

들이 고속으로 이동하는 영역에 속하게 되며, 이들 영역은 지리적으로 매우 넓은 영역이므로 여러 개의 위치 영역으로 분할되어 관리될 수 있다. 한편, 주거지역이나 근무지역 등은 MN이 저속으로 이동하는 영역에 속하며, 좁은 지역에 많은 MN들이 밀집하여 있다. MN들이 저속으로 이동하는 영역과 고속으로 이동하는 영역을 구분하기 위해서 본 논문에서는  $LA_{low}$ 와  $LA_{high}$ 라는 두 가지 종류의 위치 영역 집합을 사용한다.

첫 번째 집합인  $LA_{low}$ 에 속하는 위치 영역들은 작은 위치 영역들을 포함하며 거의 움직이지 않은 정적인 상태에 있는 MN을 찾기 위해서 설계된다. 두 번째 집합인  $LA_{high}$ 에 속하는 위치 영역들은 간선 도로들의 영역을 관리하며 장소를 옮겨가며 고속으로 이동하고 있는 MN들을 찾기 위해서 설계된다. 예를 들어, 도시와 도시를 연결하는 고속도로나 철도 등의 지리적 영역을 서비스하는 위치 영역들은  $LA_{high}$ 에 속하게 된다. 이들 위치 영역은 고속도로 등을 따라서 형성되므로 가늘고 긴 형태의 위치 영역이 된다.

각 간선 도로는 여러 개의 위치 영역으로 구분되어 관리된다고 가정한다. 그림 3은 그림 2에서 표현된 위치 영역들 중  $LA_{low}$ 와  $LA_{high}$ 에 속하는 위치 영역들의 예를 나타낸다. 검은색 원은  $LA_{low}$ 에 속하는 위치 영역을 나타내며 검은색 사각형은  $LA_{high}$ 에 속하는 위치 영역들을 나타낸다.

본 논문에서의 이동 통신 시스템은 MN이  $LA_{low}$ 와  $LA_{high}$  중 어느 위치 영역에 상주하고 있는가에 따라서 다른 위치 관리 기법을 사용하며 각 기지국이 주기적으로 방송하는 비컨(beacon) 시그널에 자신이 속한 위치 영역의 속성을 같이 알려줌으로써 MN은 자신이 진입한 위치 영역이  $LA_{low}$ 와  $LA_{high}$  중 어느 집합에 속하는지 구별할 수 있다고 가정한다. 또한  $LA_{high}$ 에 속하는 위치 영역을 관리하는 MSC는 표 1과 같이 자

표 1 이동성 패턴 레코드

time	이전 위치 영역	다음 위치 영역
------	----------	----------

표 2 위치 영역 1을 관리하는 MSC가 가지고 있는 이동성 패턴 레코드의 예

time	이전 위치 영역	다음 위치 영역
rush hour	위치 영역 2	위치 영역 3
regular	위치 영역 2	위치 영역 4
weekend/holiday	위치 영역 2	위치 영역 7
rush hour	위치 영역 3	위치 영역 5
...	...	...

신이 관리하는 위치 영역 내의 MN들에 대한 이동성 패턴 레코드를 가지고 있다고 가정한다.

표 1에서 "time" 필드는 적용되는 시간대를 나타낸다. 여기서, 시간대는 실제 시간일 수도 있고 rush hour, regular, weekend/holiday 등으로 표현될 수도 있다. "이전 위치 영역" 필드는 MN이 현재의 위치 영역에 상주하기 직전에 있었던 위치 영역의 식별자를 나타낸다. "다음 위치 영역" 필드는 이웃한 여러 위치 영역들 중 MN이 다음 번에 이동할 확률이 가장 높은 위치 영역의 식별자를 나타낸다. "다음 위치 영역" 필드의 값은 오랜 기간 측정하여 얻은 통계 정보를 이용하여 결정된다.

표 2는 위치 영역 1에 상주하고 있는 MN들이 시간대에 따라 서로 다른 이동 특성을 가진다는 가정 하에 이동성 패턴 레코드에 들어가는 내용들을 예로서 보여 준다.

표 2는 위치 영역 2에서 위치 영역 1로 이동해 온 MN들 중 많은 수가 출퇴근 시간에는 위치 영역 3으로 이동하고, 그 외의 시간대에는 위치 영역 4로 이동하며 주말이나 공휴일에는 위치 영역 7로 많이 이동함을 나타낸다.

#### 4. 제안하는 위치 관리 기법

고속 MN이 많은 고속도로나 주요 간선도로의 대부분은 길며 고속 도로 상에 많은 MN들이 있게 된다. 그리고, 고속 도로나 철도 등을 이용하여 이동하는 고속 MN들은 구축되어 있는 도로망이나 철도망에 의해서 여러 개의 이웃한 위치 영역들 중 특정 위치 영역으로 이동할 확률이 상대적으로 높다. 이 장에서는 이러한 MN들의 이동성과 이동 방향까지 고려한 효율적인 위치 관리 기법을 제안한다.

##### 4.1 위치 갱신

MN의 위치 갱신에는 명시적(explicit) 위치 갱신과 묵시적(implicit) 위치 갱신이 있다. 명시적 위치 갱신은

호를 연결 설정하지 않은 MN이 이동 통신 시스템에게 위치 정보를 보내어 명시적으로 위치 갱신을 수행하는 것이다. 한편, 새로운 호 연결이 시작될 때 MN의 현 위치가 이동 통신 시스템에 저절로 알려진다. 이 경우, MN이 명시적으로 위치 갱신을 수행한 것과 동일한 효과를 나타내므로 이것을 묵시적 위치 갱신이라고 한다 [17]. MN로부터 위치 갱신 메시지를 수신한 MSC는 MN이  $LA_{s_{low}}$ 와  $LA_{s_{high}}$  중 어느 집합에 속하는 위치 영역에 상주하고 있는가에 따라서 다음과 같은 위치 갱신 기법을 사용한다.

##### 4.1.1 $LA_{s_{low}}$ 에 속하는 위치 영역

MN이 지속적으로 이동하는 위치 영역에 적용될 수 있는 위치 관리 기법으로는 캐쉬 등을 사용하는 여러 가지 기법[18]이 있을 수 있으나, 본 논문에서는 기존의 IS-41이나 GSM에서 사용하는 방식을 따른다. 그래서, 위치 영역이 바뀔 때마다 MN은 위치 갱신을 수행하는 것으로 가정한다.

##### 4.1.2 $LA_{s_{high}}$ 에 속하는 위치 영역

고속도로와 같은 도로망 등을 주로 포함하는 위치 영역들은  $LA_{s_{high}}$ 에 속하며, 이 위치 영역에 상주하고 있는 대부분의 MN들은 고속으로 이동중인 것으로 간주할 수 있다.  $LA_{s_{high}}$ 에 속하는 위치 영역에서 고속으로 이동중인 MN은 본 논문에서 제안하는 다음과 같은 새로운 위치 갱신 기법을 사용한다.

고속 MN은 위치 갱신을 수행할 때, 자신의 이전 위치 영역의 식별자를 위치 갱신 메시지에 같이 실어서 MSC에게 보낸다. MSC는 MN로부터 수신한 이전 위치 영역 식별자와 위치 갱신 메시지를 수신한 현재 시간을 이용하여 표 2와 같은 테이블의 '이전 위치 영역' 필드에서 MN이 알려준 이전 위치 영역 식별자와 동일한 식별자를 찾는다. 그리고, 대응되는 식별자를 찾으면 해당 레코드의 '다음 위치 영역' 필드에 있는 위치 영역의 식별자를 얻어온다. 그런 다음 MSC는 현재 MN이 상주하고 있는 위치 영역의 식별자와 '다음 위치 영역' 필드에서 얻어온 위치 영역 식별자를 HLR에게 알려준다. 그리고, MN에게는 '다음 위치 영역' 필드에서 얻어온 위치 영역 식별자를 알려준다. MN은 그 후에 이동한 위치 영역이, MSC로부터 할당받은 위치 영역인 경우에는 위치 갱신을 수행하지 않는다.

그림 4는 MN이 새로운 위치 영역으로 이동하였을 때 위치 갱신의 수행 여부를 나타내는 예제를 나타내며, HLR의 H1과 H2 그리고 MN의 M1, M2, M3에 저장되는 값의 변화를 보여준다. 그림 4에서  $A_i$ 는 위치 영역  $i$ 의 식별자를 나타낸다.

그림 4(a)에서 볼 수 있듯이, MN은 위치 영역  $i$ 에서

위치 갱신을 수행할 때 위치 갱신 메시지에 자신이 이전에 상주했던 위치 영역  $k$ 의 식별자( $A_k$ )를 MSC에게 보낸다.

그림 4(b)에서와 같이 MSC는 수신한 위치 영역  $k$ 의 식별자( $A_k$ )와 표 2와 같은 형식의 테이블을 이용하여 MN에게는 다음 위치 영역  $j$ 의 식별자( $A_j$ )를, HLR에게는 노드의 현재 위치 영역  $i$ 의 식별자( $A_i$ )와 다음 위치 영역  $j$ 의 식별자( $A_j$ )를 HLR에게 알려준다.

그림 4(c)는 MN이 새로운 위치 영역으로 이동하였을 때, MN의 M2에 저장된 위치 영역  $j$ 의 식별자( $A_j$ )와 새로운 위치 영역의 주소가 동일하다면 위치 갱신을 수행하지 않는 경우를 보여준다. 본 논문에서는 MN이 MSC가 할당해준 위치 영역으로 이동한 경우를 “위치 히트(location hit)”가 발생했다고 부르며, 위치 갱신이 수행되지 않는다. 이 경우에, MN은 자신이 유지하고 있는 M1의 값은 현재 위치 영역의 식별자인  $A_j$ 로, M2와 M3의 값은 이전 위치 영역의 식별자인  $A_i$ 로 변경한다. M2에 이전 위치 영역의 식별자를 저장시키는 이유는 M2에 이전 위치 영역 식별자의 값  $A_i$ 를 저장시킴으로

써 MN이 이전 위치 영역으로 다시 되돌아가는 경우에도 위치 갱신을 수행하지 않도록 할 수 있기 때문이다. 이 경우에, MN의 테이블은 현재 방문중인 위치 영역에 대해서 항상 올바른 값을 가지나 HLR은 올바르지 않은 값을 가지게 된다.

MN이 이전 위치 영역인 위치 영역  $i$ 로 다시 이동한 경우에도 MN은 위치 갱신을 수행하지 않는다. 그러나, MN의 테이블 내용은 그림 4(d)처럼 변경된다.

그림 4(e)와 같이 MN이 M2에 저장되어 있는 위치 영역이 아닌 새로운 위치 영역으로 이동하였을 경우에 MN은 위치 갱신을 수행한다. 그림 4(e)의 경우처럼 MN이 M2의 위치 영역으로 이동하지 않은 경우에는 “위치 미스(location miss)”가 발생했다고 부르며, 위치 갱신이 수행된다.

$LA_{s_{high}}$ 에 속하는 위치 영역에 고속으로 이동하는 MN들과 저속으로 이동하는 MN들이 서로 상당수 혼재되어 있을 수도 있다. 이러한 경우에는 두 가지 방법을 생각할 수 있다. 첫 번째는 MN의 저속과 고속 여부를 고려하지 않고  $LA_{s_{high}}$ 의 방법을 사용하는 것이다. 이

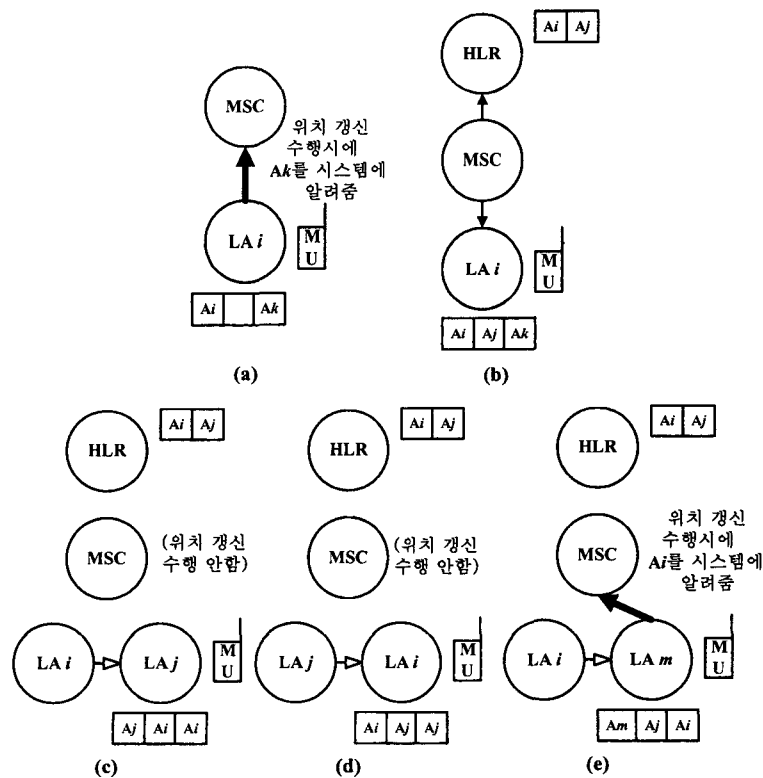


그림 4 MN의 이동과 위치 갱신의 예

경우에는 본 논문에서 제안한 기법의 장점이 적게 나타날 수 있다.

두 번째는 [19]에서 제안된 방법 등을 사용하여 각 MN의 이동 속도를 판별한 후 이동 속도에 기반하여 위치 갱신 시에 저속인 경우에는 기존의 IS-41이나 GSM에서 사용하는 방식을 사용하고 고속인 경우에는 본 논문에서 제안한 기법을 사용하는 것이다. 그러나, 본 논문에서는 낮은 CMR을 갖는 고속 노드의 이동 특성을 고려한 위치 갱신 기법에 초점을 맞추었기 때문에 이에 대한 자세한 논의는 본 논문에서 다루지 않았다.

#### 4.2 위치 탐색

MN에 대한 모든 착 호에 대해 시스템은 MN의 현재 위치를 파악하기 위해 IS-41과 GSM과 마찬가지로 HLR에서 해당 MN를 검색한다. 이때 본 논문에서는 MN이  $LA_{s_{low}}$  집합에 속하는 위치 영역에 있는 경우와  $LA_{s_{high}}$  집합에 속하는 위치 영역에 있는 경우에 따라 위치 탐색 방법이 달라진다.

##### 4.2.1 $LA_{s_{low}}$ 에 속하는 위치 영역에 있는 경우

이 경우에는 IS-41이나 GSM에서 사용하는 위치 탐색 방식을 따른다. HLR은 자신의 테이블로부터 MN의 현재 위치 영역을 확인한 후 해당 위치 영역을 관리하는 MSC에게 MN에 대한 착 호 발생을 알린다. MSC는 VLR을 통해서 MN의 존재 여부를 확인한 후 각 기지국에 페이징 신호를 보낸다. MN은 페이징 신호에 응답함으로써 호 연결 설정이 시작된다.

##### 4.2.2 $LA_{s_{high}}$ 에 속하는 위치 영역에 있는 경우

고속 MN에 대한 착 호가 들어왔을 때 통신 설정을 위해 본 논문에서는 [13]에서 사용한 latest-RA-first 위치 탐색 전략과 유사한 방식을 사용한다. [13]에서 MN은 이전 위치 영역과 현재 위치 영역 중 어느 한 영역에 있는 경우에는 위치 갱신을 수행하지 않지만 그렇지 않은 경우에는 위치 갱신을 수행한다. latest-RA-first 위치 탐색 전략은 이동 통신 시스템이 MN의 위치를 탐색할 때, HLR에 기록된 이전 위치 영역 식별자와 현재 위치 영역 식별자의 두 위치 영역 중 MN이 가장 최근에 위치 갱신을 수행한 위치 영역 즉, 현재 위치 영역을 먼저 탐색하여 MN을 찾아본다. 만약 이 위치 영역에서 MN을 찾지 못하면 이전 위치 영역 식별자에서 MN을 찾는다. 이러한 탐색 전략을 사용하면 첫 번째 위치 탐색에서 MN을 찾지 못했을 때 추가적인 위치 탐색 비용이 소요되기는 하나 MN을 찾지 못하는 일은 발생하지 않는다.

본 논문에서 이동 통신 시스템은 다음과 같은 절차를 거쳐 MN을 탐색하게 된다: 먼저 HLR을 검색하여 MN이 가장 최근에 위치 갱신을 수행한 위치 영역이 기록

되어 있는 H1의 위치 영역을 페이징하여 MN을 찾고 호 연결을 설정한다. 만약 H1에 저장된 위치 영역에서 MN을 찾지 못하면, HLR의 H2에 저장된 위치 영역을 페이징하여 MN을 찾는다. 이러한 위치 탐색 방법은 latest-RA-first 위치 탐색 전략처럼 첫 번째 위치 탐색에서 MN을 찾지 못했을 때 추가적인 위치 탐색 비용이 소요되기는 하나 MN을 찾지 못하는 일은 발생하지 않는다.

## 5. 모델링

이 절에서는 제안 기법 하에서 동작하는 이동 통신 시스템의 성능 특징을 서술하는 마코프 모델과 비용 수식을 서술한다.

### 5.1 마코프 모델링

본 논문에서 MN의 상태는 착 호의 발생 여부와 MN이 현재 상주하고 있는 위치 영역의 종류에 의해서 표현된다. 먼저 MN에게 착 호가 발생했는지의 여부는 이진 값으로 표현될 수 있고, MN이 현재 상주하고 있는 위치 영역은 다음과 같은 4가지 종류로 분류할 수 있다.

- ① MN이 위치 갱신을 수행한 위치 영역. 이런 부류의 위치 영역을 L1으로 표시한다.
- ② MN이 MSC로부터 할당받은 위치 영역. 이런 부류의 위치 영역을 L2로 표시한다.
- ③ MN이 L1에서 L2가 아닌 새로운 곳으로 이동한 경우의 위치 영역. 이런 부류의 위치 영역을 L3로 표시한다.
- ④ MN이 L2에서 L1가 아닌 새로운 곳으로 이동한 경우의 위치 영역. 이런 부류의 위치 영역을 L4로 표시한다.

호출 받을 수 있는 상태에서 여러 위치 영역을 이동하고 있는 MN의 상태를 [20]에서처럼, 3개의 구성요소로 이루어진 상태 서술 벡터  $(a, b, c)$ 로 표현한다. 구성요소  $a$ 는 MN이 호출되어진 상태인지의 여부를 나타내는 이진 값으로, 0이면 호출되지 않은 상태를 1이면 호출된 상태를 나타낸다. 또한, 구성요소  $b$ 는 이진 값을 가지며, 0이면 MN이 L1 또는 L2의 두 위치 영역 중 한 영역에 상주하고 있음을 나타내며, 1이면 L3 또는 L4의 두 위치 영역 중 한 영역에 상주하고 있음을 나타낸다. 구성요소  $c$ 는 이진 값을 가지며, 0이면 L1 또는 L3의 두 위치 영역 중 한 영역에 상주하고 있음을 나타내며, 1이면 L2 또는 L4의 두 위치 영역 중 한 영역에 상주하고 있음을 나타낸다. 구성요소  $b$ 와  $c$ 에 의해서 구성되는 값들의 조합은 다음과 같은 의미를 가진다.

$b = 0, c = 0$ 이면 MN은 L1에 상주하고 있으며,  $b = 0, c = 1$ 이면 MN은 L2에 상주하고 있다.  $b = 1, c$



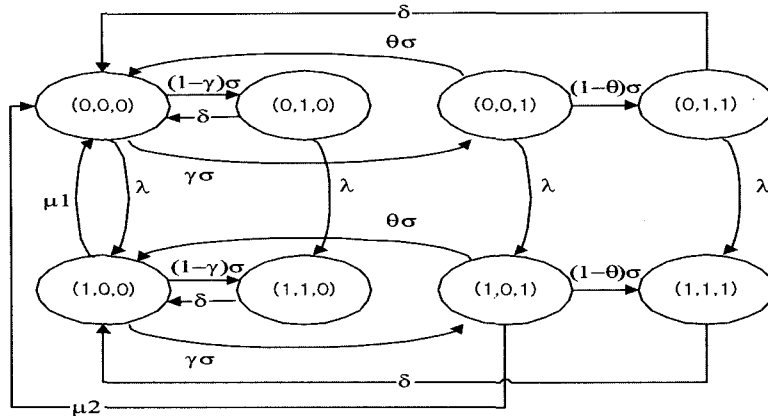


그림 5 제안 기법을 위한 마코프 모델

표 3 제안 기법의 파라미터들

$\lambda$	MN의 호 도착률
$\sigma$	MN의 이동률 즉, MN이 위치 영역들을 가로지르는 비율
$\theta$	MN이 이전 위치 영역으로 이동할 확률
$\delta$	HLR의 H1과 H2를 갱신하는 위치 갱신 비율
$\mu_1$	HLR의 H1과 H2에 저장된 값과 MN의 M1과 M2에 저장된 값이 일치할 때 호 설정을 위해 MN을 탐색하는 위치 탐색 비율. 즉, MN이 L1, L3, L4에 있을 때의 위치 탐색 비율
$\mu_2$	HLR의 H1과 H2에 저장된 값과 MN의 M1과 M2에 저장된 값이 불일치할 때 호 설정을 위해 MN을 탐색하는 위치 탐색 비율. 즉, MN이 L2에 있을 때의 위치 탐색 비율
$\gamma$	MN이 L2로 이동할 확률

= 0이면 MN은 L3에 상주하고 있으며,  $b = 1, c = 1$  이면 MN은 L4에 상주하고 있다.

표 3은 제안 기법 하에서 사용된 파라미터들을 보여 준다. 표 3의 파라미터들에 기반하여, 그림 5는 MN이 고속으로 이동하는 경우의 제안 기법 하에서 동작하는 이동 통신 시스템을 서술하기 위한 마코프 모델을 나타 낸다. 초기에, MN은 위치 갱신을 수행한 후 호출되지도 않고 다른 영역으로 이동하지도 않은 상태이므로 상태 (0, 0, 0)에 있게 된다. 이때, HLR의 H1, H2와 MN의 M1, M2는 동일한 값을 갖는다.

위의 마코프 모델의 구성 방법을 설명하면 다음과 같다. 먼저, MN이 상태  $(0, i, j), 0 \leq i, j \leq 1$ 에 있을 때 착 호가 도착하면, MN은 지금 호출된 상태임을 나타내는 새로운 상태  $(1, i, j)$ 가 된다. 이러한 행위는 상태  $(0, i, j)$ 에서 상태  $(1, i, j)$ 로의 전이율  $\lambda$ 를 가진 전이

에 의해서 표현된다.

두 번째로, 만약 MN이 상태  $(1, i, j)$ 에 있을 때 새 로운 호가 도착하더라도, MN은 여전히 호출되었던 상태에 있기 때문에 동일한 상태로 남게 된다. 이러한 행 위는 상태  $(1, i, j)$ 로 재귀하는 전이율  $\lambda$ 를 가지는 감 추어진 전이로 서술된다. 이러한 유형의 전이는 마코프 체인[20, 21]을 해결할 때는 고려될 필요가 없기 때문에 그림 5에서 표현하지 않았다.

세 번째로, MN이 상태  $(1, 0, 0)$ 에 있다면, MN은 호 출이 되었지만 L1에 계속 상주하고 있는 상태이다. 이 상태에서 HLR의 H1, H2 값과 MN의 M1, M2 값은 일치하므로, MN은  $\mu_1$ 의 비율로 착 호를 설정하는 서 비스를 제공받게 된다. 이동 통신 시스템으로부터 호 설 정 서비스를 제공받은 후에 MN은 상태  $(0, 0, 0)$ 으로 전이한다.

네 번째로, MN이 상태  $(1, 0, 1)$ 에 있다면, MN은 현 재 L2에 있으며, 서비스를 기다리는 호가 있음을 나타 낸다. 이때 HLR의 H1, H2와 MN의 M1, M2가 서로 불일치하므로 MN은 이동 통신 시스템으로 착 호를 설 정하는 서비스를 제공받기 위해 IS-41보다 두 배의 시 간을 소비하게 된다. 이러한 행위는 상태  $(1, 0, 1)$ 에서 상태  $(0, 0, 0)$ 으로 서비스율  $\mu_2$ 를 갖는 전이로 모델링 된다. 착 호를 설정하는 서비스 후에, 제안 기법에서는 묵시적인 위치 갱신에 의해서 HLR의 H1과 H2에 저장 된 값은 갱신된다. 그러므로, H1, H2에 저장된 값이 M1, M2와 일치하게 되므로 상태  $(0, 0, 0)$ 이 된다.

마지막으로, MN이 호출되었는지의 여부에 상관없이, MN은 위치 영역들을 가로질러 이동 할 수 있다. 첫 번 째 경우로 MN이 L3으로 이동했다면 HLR의 H1과 H2

에 저장된 내용은 갱신되어야 한다. 이러한 행동은 상태  $(i, 0, 0)$ 에서 상태  $(i, 1, 0)$ ,  $0 \leq i, j \leq 1$ 로의 전이율  $(1-\gamma)\sigma$ 를 가진 전이에 의해서 모델링될 수 있으며, 그 후에, 이동 통신 시스템은 전이율  $\delta$ 로 상태  $(i, 1, 0)$ 를 상태  $(i, 0, 0)$ 으로 전이시킨다. 두 번째 경우로 MN이 L2로 이동했다면, HLR에 대한 위치 갱신 연산이 수행될 필요가 없다. 이것은 상태  $(i, 0, 0)$ 에서 상태  $(i, 0, 1)$ ,  $0 \leq i, j \leq 1$ 로의 전이율  $\gamma\sigma$ 를 가진 전이에 의해서 모델링될 수 있다. 이 경우에 전이 후의 H1과 H2에 저장된 값과 M1과 M2에 저장된 값은 서로 불일치하게 된다. 그러나, 위에서 기술한 전이의 역 전이는  $\theta\sigma$ 의 전이율을 가지며 H1, H2와 M1, M2의 값을 서로 일치하게 한다.

MN의 M1, M2에 저장되는 값이 갱신되는 시간은 HLR에 저장된 값이 갱신되는 시간에 비해 0에 가깝다. 따라서, MN의 테이블 내용을 갱신하는데 걸리는 시간은 무시될 정도로 극히 미미하므로 제안한 기법의 마코프 모델링에서 제외된다.

## 5.2 위치 관리 비용의 계산

그림 5의 마코프 모델은 모든 상태들이 0이 아닌 확률을 가지며 에르고딕(ergodic)이다[21]. 상태  $(i, j, k)$ 의 안정상태확률을  $P_{(i,j,k)}$ 로 표현하고, 이동 통신 시스템에서 1회의 위치 갱신 연산을 처리하는데 소요되는 평균 비용과 MN을 탐색하는데 소요되는 평균 비용은 각각  $Our\ Scheme_{update}$ 과  $Our\ Scheme_{call}$ 로 나타내 보자. 그리고, 연속적인 두 호 사이에서 위의 두 연산을 서비스하는 이동 통신 시스템의 평균 비용을  $Our\ Scheme_{cost}$ 라 하면, 세 가지 비용은 다음과 같이 유도된다.

$$Our\ Scheme_{update} = \sum_{i=0}^1 P_{(i,0,0)}(1-\gamma) \frac{1}{\delta} + \sum_{i=0}^1 P_{(i,0,1)}(1-\theta) \frac{1}{\delta} + \sum_{i=0}^1 \{P_{(i,1,0)} + P_{(i,1,1)}\} \frac{1}{\delta} \quad (1)$$

$$Our\ Scheme_{call} = \left\{ \sum_{i=0}^1 \{ \sum_{j=0}^1 P_{(i,j,0)} + P_{(i,1,1)} \} \right\} \frac{1}{\mu_1} + \sum_{i=0}^1 P_{(i,0,1)} \frac{1}{\mu_2} \quad (2)$$

$$Our\ Scheme_{cost} = Our\ Scheme_{update} \frac{\sigma}{\lambda} + Our\ Scheme_{call} \quad (3)$$

(1)에서, 첫 번째 항은 MN이 L1에 상주하고 있는 상태에서 L3으로 확률  $(1-\gamma)$ 로 이동할 경우에 발생하는 1회의 위치 갱신을 처리하는데 소요되는 평균 비용을 나타낸다. 두 번째 항은 L2에 상주하고 있는 상태에서 L4로 확률  $(1-\theta)$ 로 이동할 경우에 발생하는 1회의 위

치 갱신을 처리하는데 소요되는 평균 비용을 나타낸다. 세 번째 항은 MN이 L2 혹은 L4의 영역에 상주하고 있을 때 위치 갱신을 처리하기 위해 소요되는 평균 위치 갱신 비용을 나타낸다. 이 상태에 있는 MN은 무조건 위치 갱신을 수행해야 하므로 확률 1로 위치 갱신을 수행하게 된다.

착 호가 발생하였을 때 MN을 탐색하기 위한 평균비용은 각 상태의 안정상태 확률에 1회의 위치 탐색을 수행하는데 소요되는 비용을 곱한 후 합산함으로써 얻을 수 있다. MN이 L1, L2, L3, L4 중의 어느 영역에 상주하고 있는지에 상관없이 착 호는 발생할 수 있다. 그러므로, 8가지의 상태중 임의의 상태에서 착 호가 발생할 수 있다. (2)에서 MN에게 착 호가 발생했을 때, 첫 번째 항은 MN이 L1, L3, L4 중의 어느 한 영역에 있는 경우에 1회의 위치 탐색 처리를 위해 소요되는 평균 비용을 나타낸다. MN이 L1에 있는 경우에는 MN의 M1, M2의 값과 HLR의 H1, H2의 값이 서로 동일하므로 위치 탐색을 위해  $\frac{1}{\mu_1}$ 의 평균 비용이 소요된다. MN이 L3 또는 L4에 있는 경우에는 MN에 대한 위치 갱신이 수행된 후 위치 탐색이 수행된다. 이 경우에도 MN의 M1, M2의 값과 HLR의 H1, H2의 값이 서로 동일하므로 위치 탐색을 위해  $\frac{1}{\mu_1}$ 의 평균 비용이 소요된다. 두 번째 항은 MN에게 착 호가 발생했고, L2에 있는 경우에 1회의 위치 탐색 처리를 위해 소요되는 평균 비용을 나타낸다. 이 경우에 MN의 M1, M2의 값과 HLR의 H1, H2의 값이 서로 다른 위치 영역 식별자 값을 가지므로 위치 탐색을 위해  $\frac{1}{\mu_2}$ 의 평균 비용이 소요된다.

연속적인 두 호 사이에 MN이 위치 영역의 경계를 가로질러 이동하는 횟수는 평균적으로  $\sigma/\lambda$ 이기 때문에, 전체 비용은 (3)과 같이 유도된다. IS-41 기법에서는 위치 영역을 가로지르는 이동 횟수가 위치 갱신 횟수와 대응한다. 그러나, 제안 기법에서는 HLR에 저장되어 있는 값들이 갱신될 필요가 있는지의 여부에 의해서 위치 갱신이 이루어지므로, 이동 횟수 중 일부는 위치 갱신을 수행하기 위한 비용을 유발시키지 않는다.

## 6. 성능 평가

이 장에서는 위치 영역 기반 기법을 사용하는 IS-41, TLA[13, 20], 그리고 제안 기법의 평균 비용을 비교한다. 성능 평가를 위해 두 개의 추가적인 파라미터인 T와 U를 도입하고 각 파라미터간의 관계를 설정한 후 세 기법의 비용을 비교 분석한다.

본 논문에서는 호출자와 피 호출자가 서로 다른 위치

영역에 속하는 것으로 가정한다. 그리고, IS-41 기법에서 MN을 탐색하기 위한 평균 비용을 의미하는  $U$ 를 [13, 20]에서처럼 1.0으로 고정하였다. 그리고,  $U$ 와 관련된 또 다른 파라미터인  $T$ 는 VLR과 HLR간의 평균 통신비용을 나타낸다. 파라미터  $T$ 는 IS-41 기법에서는 위치 갱신 비용을 의미하며, TLA와 제안 기법에서는 HLR의 H1과 H2의 값을 갱신하기 위한 비용을 나타낸다[20]. 그림 6에서와 같이,  $U$ 와  $T$ 는 다음과 같은 관계를 갖는다:

$$U = 2T + P_c \quad (4)$$

여기서,  $P_c$ 는 위치 영역 내의 MN을 찾기 위해 필요한 평균 페이징 비용을 나타낸다.

(4)는 다음과 같이 유도되었다. 호출자가 피 호출자와 통신 연결을 설정할 때, 호출자는 먼저 자신이 속해있는 위치 영역을 관리하는 MSC와 VLR을 통해서 피 호출자의 존재 여부를 확인한다. 호출자의 VLR에서 피 호출자를 찾지 못하면, 피 호출자를 찾기 위해 HLR과 통신해야 한다. 이때  $T$ 의 비용이 발생한다. HLR은 피 호출자의 위치를 파악한 후 피 호출자의 MSC와 VLR과의 통신을 통해 MN의 존재여부를 확인한다. 이때 또한  $T$ 의 비용이 발생한다. 피 호출자에게는 페이징을 통해 착 호의 발생을 알리게 되고 통신이 설정된다. 이때 페이징으로 인한  $P_c$ 의 비용이 발생한다.

제안 기법에서 MN이 L1, L3, L4에 있는 경우에 착 호가 발생하면 위치 갱신이 수행된 이후에 MN의 위치를 탐색하게 된다. 그러므로, 호 설정을 위해서 한 번의 위치 탐색을 수행하면 되므로 IS-41처럼  $U$ 만큼의 비용이 소요된다. MN이 L2의 위치에 있을 때 착 호가 발생하면 호 설정을 위해서 두 번의 위치 탐색을 수행하게 되며,  $U+T+P_c$ 만큼의 비용이 소요된다. 그 이유는 첫 번째 위치 탐색을 수행할 때에는  $U$ 만큼의 비용이 소요되며, 두 번째 위치 탐색을 수행할 때에는 호출자 측의 VLR과 HLR간의 통신이 불필요하므로  $T+P_c$ 만큼의 비용이 소요되기 때문이다.

본 논문에서 사용된 파라미터들 중  $\lambda$ ,  $\sigma$ ,  $\theta$ ,  $\gamma$ 는 MN에 의존적인 파라미터이고,  $\delta$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ 는 네트워크 구조에 의존적인 파라미터이다. 본 논문에서는 제안 기법과 IS-41과 TLA의 동일한 조건 하에서의 성능 비교를 위해, IS-41과 TLA의 성능 비교를 수행한 [20]에서 사용한 파라미터들을 이용하였으며, 이들 파라미터를 이용하여 네트워크 구조에 의존적인 파라미터들인  $\delta$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ 는 각각 다음과 같이 설정되었다.

$$\delta = \frac{1}{T}, \mu_1 = \frac{1}{U}, \mu_2 = \frac{1}{U+T+P_c} = \frac{1}{2U-T} \quad (5)$$

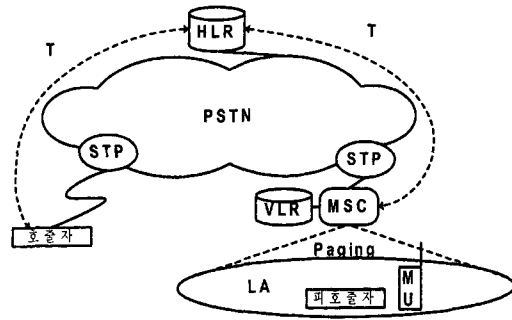


그림 6 이동 통신 네트워크에서 탐색 연산

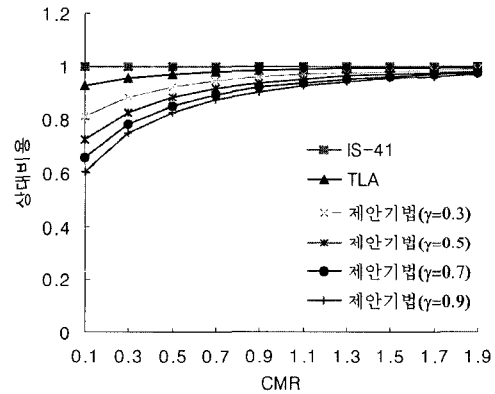


그림 7  $T = 0.45$ ,  $\theta = 0.1$ 인 경우의 IS-41, TLA, 제안 기법의 비교

또한 동일한 조건 하에서, IS-41, TLA와 제안 기법의 연속적인 두 호 사이의 평균 위치 관리 비용을 계산하기 위해서 [20]에서 사용한 IS-41과 TLA의 비용 수식을 사용하였다.

제안 기법의 평균 비용 계산을 위해서 먼저 QtsPlus software[22]를 사용하여 각각의 상태  $(i, j, k)$ 에 대한  $P_{(i,j,k)}$ 를 얻었으며, (3)를 이용하여 평균 비용을 계산하였다. 마찬가지로 TLA 비용의 평균 비용도 [20]에서 사용한 수식과 QtsPlus software를 이용하여 계산하였으며, IS-41에서의 평균 비용도 [20]에서 사용한 수식을 이용하여 계산하였다.

본 논문에서는 IS-41 기법을 1.0으로 하였을 때 TLA와 제안 기법이 가지는 상대적인 비용으로 각 기법의 성능을 비교하였다. 즉,  $\frac{TLA_{cost}}{IS-41_{cost}} \cdot \frac{Our\ Scheme_{cost}}{IS-41_{cost}}$ 를 이용하여 성능을 비교하였다.

그림 7은 HLR-VLR 간의 통신비용이 높고 MN이 이전 위치 영역으로 되돌아갈 확률  $\theta$ 가 낮은 경우의 성능 분석 결과를 보여준다.

이 경우에 제안 기법은  $\gamma$  값이 커질수록 IS-41이나 TLA보다 우수한 성능을 나타낸다. 예를 들어, CMR이 0.1이고  $\gamma = 0.3$ 인 경우에 IS-41에 비해 약 20%, TLA에 대해서는 약 11% 정도의 비용을 더 감소시킨다. 특히,  $\gamma = 0.9$ 인 경우에는 IS-41과 TLA에 비해 각각 약 40%와 약 32% 정도까지 비용을 감소시켰다.

그림 8은 MN이 이전 위치 영역으로 되돌아갈 확률  $\theta$ 가 높은 경우를 보여준다. 그림 8에서 알 수 있듯이,  $\theta$ 가 크더라도  $\gamma > \theta$ 이면 제안 기법은 항상 IS-41이나 TLA보다 우수한 성능을 보인다. 그 이유는 다음과 같다.  $\gamma > \theta$ 이면 MN이 L2로 이동하는 확률이 이전 위치 영역으로 이동하는 확률보다 크다는 것을 의미한다. MSC가 할당해준 위치 영역과 이전 위치 영역이 동일하지 않다고 가정했을 때 IS-41에서는 위치 영역이 바뀔 때마다 무조건 한 번의 위치 갱신이 이루어진다. 그리고, TLA에서는 MN이 이전 위치 영역으로 이동하는 경우에는 위치 갱신이 발생하지 않지만, MN이 L2로 이동하면 위치 갱신이 발생한다. 그러나, 이 경우 제안 기법에서는 MN이 이전 위치 영역으로 이동하여 위치 갱신을 수행하는 경우보다는 L2로 이동하는 경우가 많아져, IS-41이나 TLA보다 위치 갱신을 수행하는 횟수가 감소한다.  $\theta$ 가 증가하면 MN이 이전 위치 영역으로 이동하여 위치 갱신을 수행해야 하는 경우도 증가하지만, 그림 4의 (c)와 (d)의 경우처럼 MN이 L2로 이동한 후 다시 이전 위치 영역으로 되돌아가는 경우도 증가한다. MN이 L2로 이동한 후 다시 이전 위치 영역으로 되돌아가는 경우에 IS-41은 두 번의 위치 갱신을 수행해야 하며 TLA는 한 번의 위치 갱신을 수행해야 한다. 그러나, 제안 기법에서는 MN이 위치 영역을 두 번 바꾸더라도 한 번도 위치 갱신을 수행하지 않기 때문에 다른 기법에 비해서 위치 갱신의 수가 감소한다.

그림 9는 페이징 비용이 HLR-VLR간의 통신비용보다 큰 경우(즉,  $T < P_c$ )의 결과를 보여준다. MN을 탐색하기 위한 평균 비용인  $U$ 를 1.0으로 고정시킨 상태에서,  $T$  값을 감소시키면 위치 탐색 비용이 위치 갱신 비용보다 상대적으로 커진다. 예를 들어,  $U = 1.0$  이고  $T = 0.45$ 인 경우에  $\frac{U}{T} \approx 2.2$ 는 위치 탐색 비용이 위치 갱신 비용보다 2.2배 정도 더 소요됨을 의미한다.  $U = 1.0$ 일 때  $T = 0.3$ 인 경우에는  $\frac{U}{T} \approx 3.3$ 이므로, 위치 탐색 비용이 위치 갱신 비용보다 훨씬 더 크게 증가했음을 의미한다. 그림 9에서 알 수 있듯이, 위치 탐색 비용이 큰 경우에도 CMR이 작으면(그림 9에서  $CMR \leq 0.8$ 인 경우) IS-41이나 TLA보다 우수한 성능을 보인다. CMR이 큰 경우(그림 9에서  $0.9 \leq CMR \leq 1.9$ )에

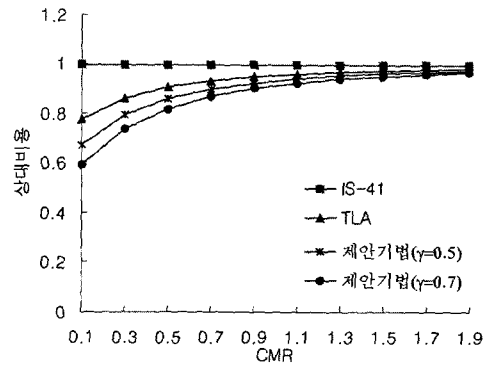


그림 8  $T = 0.45, \theta = 0.3$ 인 경우의 IS-41, TLA, 제안 기법의 비교

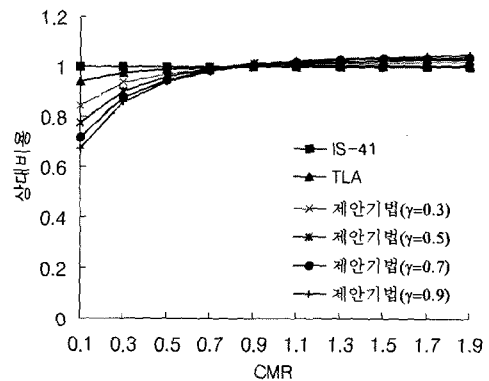


그림 9  $T = 0.3, \theta = 0.1$ 인 경우의 IS-41, TLA, 제안 기법의 비교

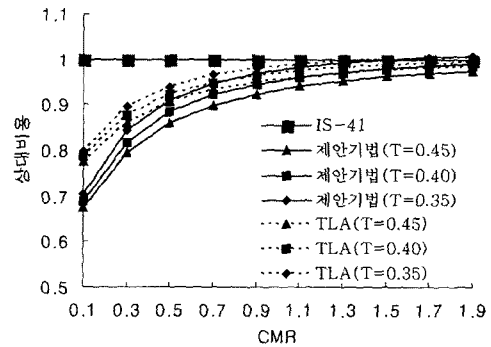


그림 10  $\theta = 0.3, \gamma = 0.5$ 인 경우의 IS-41, TLA, 제안 기법의 비교

는 제안 기법이 IS-41이나 TLA보다 최대 약 4% 정도까지 성능이 좋지 않다. 그러나, CMR이 0.8보다 낮은 경우에 얻는 위치 관리비용의 이익이 CMR이 0.8보다 큰 경우에 발생하는 위치 관리 비용의 손실보다 훨씬 크므로, CMR이 낮은 고속 MN에 대해서 제안 기법이 역시 효율적이다.

그림 10은 MN이 이전 위치 영역으로 이동할 확률이

높고( $\theta=0.3$ ), L2로 MN이 이동할 확률이 낮은 경우( $\gamma=0.5$ )의 비용 비교를 보여준다. 그림 10의 결과로부터 제안 기법은 MN이 L2로 이동하는 경우가 적고 이전 위치 영역으로 이동할 확률이 높아도 IS-41이나 TLA보다 비용 면에서 좋을 것을 또한 알 수 있다.

## 7. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 이동 통신 시스템에서 효율적인 위치 관리를 수행하기 위해 두 가지의 주요 내용을 제안하였다. 첫 번째는 지리적인 특성과 MN의 이동성을 고려하여 위치 영역을 구성하자는 것이었다. 이동 통신 시스템에서 서비스를 제공하는 영역은 지리적인 특성에 의해서 고속도로나 철도와 같이 MN들이 고속으로 이동하는 지리적인 영역과 주거지역 또는 근무지역과 같이 MN들이 저속으로 이동하는 지리적인 영역으로 구분될 수 있다. 서비스 영역을 MN들이 고속으로 이동하는 영역들의 집합과 MN들이 저속으로 이동하는 영역들의 집합으로 구분하여 구성하면 각 집합에 대해서 효율적인 서로 다른 위치 영역 기법을 사용할 수 있다. 두 번째는 MN들이 고속으로 이동하는 영역들의 집합에서 사용할 수 있는 새로운 위치 관리 기법을 제안하였다. 본 논문의 제안 기법에서는 MN이 고속으로 이동하면 저속으로 이동하는 경우보다 CMR이 낮아지며, 이웃한 여러 위치 영역들 중 특정 위치 영역으로 이동하는 확률이 높아진다는 이동 방향성의 특징을 이용한다. 고속 MN은 저속 이동 때보다 상대적으로 단위 시간당 많은 이동을 하므로, 일반적으로 CMR이 작은 값을 가지게 된다. 또한, 고속 MN들은 이미 구축되어 있는 기존의 도로망 등을 이용하여 이동하므로, 자신이 현재 상주하고 있는 위치 영역에서 이웃한 여러 위치 영역들 중 특정 위치 영역으로 이동할 확률이 상대적으로 높다. 제안 기법은 CMR이 낮은 고속 MN이 새로운 위치 영역에 진입하여 위치 갱신을 수행하였을 때, 이동 통신 시스템이 이 MN에게 다음 번에 이동할 확률이 가장 높은 위치 영역을 미리 알려주도록 하고 있다. MN은 다음 번 이동시에 시스템이 알려준 위치 영역으로 이동하면 위치 갱신을 수행하지 않는다. 이러한 방법으로 불필요한 위치 갱신의 수를 줄임으로써 위치 관리비용을 감소시킨다.

본 논문에서 제안한 기법은 마코프 모델을 통해서 모델링되었으며, 기존의 위치 관리 기법인 IS-41과 MN의 지역적인 이동성을 이용하는 TLA와 성능을 비교하였다. 마코프 모델을 이용한 성능 분석 결과는 이동 노드의 CMR이 낮을수록 그리고 MSC가 할당해준 위치 영역으로 이동하는 확률이 높을수록 IS-41이나 TLA보다 효율적임을 보여주었다. 또한, HLR과 VLR간의 통신비용이 높을수록 성능이 우수하였다. 아울러 제안 기법은

MN과 이동 통신시스템 양쪽 모두에 복잡한 계산을 요구하지 않는다는 장점을 가진다.

현실 세계에서는 위치 영역 내에 고속 이동을 하는 MN과 저속 이동을 하는 MN이 혼재되어있는 경우도 있다. 본 논문에서 제안한 기법은 이러한 위치 영역에서 뚜렷한 장점을 지니지 않을 수 있으므로 이에 대한 연구가 추가로 이루어져야 할 것이다. 또한, 본 논문에서는 모델링과 성능 분석의 단순성을 위해 MSC가 하나의 위치 영역을 관리하는 것으로 가정하여 성능 평가를 수행하였다. 실제 시스템에서는 MSC가 여러 위치 영역을 관리할 수 있으므로 이러한 경우의 시스템 구성에서의 성능 분석이 향후 연구 과제로 필요할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] EIA/TIA, "Cellular Radio-telecommunications Intersystem Operations," Technical Report IS-41 Revision D, EIA/TIA, 1997.
- [2] M. Mouly and M.-B.Pautet, "The GSM System for Mobile Communications," Palaiseau, France, 1992.
- [3] E. Lycksel, "GSM System Overview," Swedish Telecom. Admin., Jan, 1991.
- [4] Y. Bejerano and I. Cidon, "Efficient Location Management Based on Moving Location Areas," *Proc. of IEEE INFOCOM 2001*, pp. 3-12, April 2001.
- [5] J.G. MarkouLidaskis, G.L. Lyberopoulos, D.F. Tsirkas, and E.D. Sykas, "Evaluation of Location Area Planning in Future Mobile Communication Systems," *ACM-Baltzur Journal of Wireless Networks*, vol. 1, no. 1, pp. 17-29, 1995.
- [6] C.U. Saraydar and C. Rose, "Location Area Design Using Population and Traffic Data," *Proc. of CISS 1998*, pp 739-744, 1998.
- [7] S. Okasaka, S. Onoe, S. Yasuda, and A. Maebara, "A New Location Updating Method for Digital Cellular Systems," *Proc. of IEEE VTC 41th*, pp. 345-350, 1991.
- [8] M. Shirota, Y. Yoshida, and F. Kubota, "Statistical Paging Area Selection Scheme (SPAS) for Cellular Mobile Communication Systems," *Proc. of IEEE VTC 44th*, pp. 367-370, 1994.
- [9] C. Rose and R. Yates, "Minimizing the Average Cost of Paging Under Delay Constraints," *ACM-Baltzur Journal of Wireless Networks*, vol 1, no. 2, pp. 211-219, 1995.
- [10] S.K. Sen, A. Bhattacharya, and S.K. Das, "A Selective Location Update Strategy for PCS Users," *ACM-Baltzur Journal of Wireless Networks*, vol 5, no. 2, pp. 313-326, 1999.
- [11] J. Scourias and T. Kunz, "A Dynamic Individualized Location Management Algorithm," *Proc. of IEEE PIMRC*, pp. 1004-1008, 1997.

- [12] A. Bar-Noy, I. Kessler, and M. Sidi, "Mobile User: Update or not to Update?" *ACM-Baltzer Journal of Wireless Networks*, vol. 1, no. 2, pp. 175-186, 1995.
- [13] Y.-B. Lin, "Reducing location update cost in a PCS network," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 5, no. 1, pp. 25-33, Feb. 1997.
- [14] B. Liang and Z.J. Haas, "Predictive Distance-Based Mobility Management for PCS Networks," *Proc. of IEEE INFOCOM '99*, pp. 1377-1384, 1999.
- [15] G. Wan and E. Lin, "Cost Reduction in Location Management Using Semi-Realtime Movement Information," *ACM-Baltzer Journal of Wireless Networks*, vol. 5, no. 2, pp. 245-256, 1999.
- [16] Z. Lei and C. Rose, "Probability Criterion Based Location Tracking Approach for Mobility Management of Personal Communications Systems," *Proc. of IEEE GLOBECOM*, pp. 977-981, 1997.
- [17] 전화숙, 정동근, "차세대 이동통신망을 위한 노드 이동 패턴에 근거한 페이지 기법의 설계", *한국정보과학회 논문지: 정보통신*, 제29권, 제3호, pp. 216-223, 2002년 6월.
- [18] R. Jain, Y.-B. Lin, C. Lo, and S. Mohan, "A Caching Strategy to Reduce Network Impacts of PCS," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 12, no. 8, pp. 1434-1444, Oct. 1994.
- [19] M. Hellebrandt, R. Mathar, and M. Scheibenbogen, "Estimating Position and Velocity of Mobiles in a Cellular Radio Network," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 65-71, Feb. 1997.
- [20] I.-R. Chen, T.-M. Chen, and C. Lee, "Agent-Based Forwarding Strategies for Reducing Location Management Cost in Mobile Networks," *Mobile Networks and Applications*, vol. 6, no. 2, pp. 105-115, Mar. 2001.
- [21] L. Kleinrock, *Queuing System*, Wiley, 1975.
- [22] D. Gross and C.M. Harris, *Fundamentals of Queueing Theory 3rd Ed*, John Wiley & Sons, 1998.

송 의 성

정보과학회논문지 : 정보통신

제 30 권 제 1 호 참조

길 준 민

정보과학회논문지 : 정보통신

제 30 권 제 1 호 참조

황 중 선

정보과학회논문지 : 정보통신

제 30 권 제 1 호 참조