이동 통신 시스템에서 이동단말의 방향 정보를 이용한 새로운 위치 갱신 기법

송의성[0] 길준민 황종선
고려대학교 컴퓨터학과 분산시스템연구실
{ussong[0], jmgil, hwang}@disys.korea.ac.kr

A New Location Update Scheme Using Direction Information of MTs for Mobile Communication Networks

Ui-Sung Song[0] Joon-Min Gil Chong-Sun Hwang
Distributed Systems Lab., Dept. of Computer Science & Engineering, Korea Univ.

요 약

본 논문에서는 이동 통신 시스템에서 사용자의 이동성 패턴과 움직임 정보를 이용한 새로운 위치 갱신 기법을 소개한다. 현재 상용화된 대다수의 셀룰러 시스템은 지리적 영역을 위치갱신 영역으로 나누고, 사용자는 이전 위치 영역에서 새로운 위치 영역으로 이동할 때마다 위치갱신 연산을 수행한다. 이제까지 제안된 기존 기법들은 개별 사용자의 이동성과 호도착률, 더욱이 각 위치 영역에서의 사용자의 움직임 패턴을 고려하는데 미흡하였다. 특히, 사용자가 낮은 CMR을 갖거나 특정 위치 영역으로 이동할 경우가 많아지면 쓸모 없는 위치 갱신 횟수의 증가로 인하여 과도한 네트워크 트래픽이 야기된다. 이러한 상황에서 위치 갱신의 비용을 줄이기 위해서는 사용자들의 움직임 정보를 적절히 반영하여 각 위치 영역에서 위치 갱신의 수행 여부를 결정하는 효율적인 기법이 요구된다. 본 논문에서는 위치영역 내에 상주하는 이동단말들의 움직임 정보와 개별 사용자의 이동 패턴 정보를 효율적으로 이용하여 위치 갱신의 횟수를 줄일 수 있는 새로운 위치 갱신 기법을 제안한다. 수학적 모델링을 통한 제안 기법의 성능은 CMR이 낮고 사용자가 특정 위치 영역으로 이동할 확률이 높은 경우, 기존의 IS-41과 TLA 기법보다 낮은 위치관리 비용을 보여준다.

1. 서 론

이동 통신 시스템(mobile communication systems)에서 사용자에게 고품질의 서비스를 제공하기 위해서는 위치관리(location management)가 중요하다. 현재까지 이동 통신 시스템에서 이동 단말(Mobile Terminal; 이하 MT)의 위치 추적을 위한 많은 연구가 진행되어 왔다.

현재 사용되고 있는 MT의 위치관리는 위치 갱신(location update)과 위치 탐색(location search) 연산으로 구성된다. 위치 갱신은 사용자가 위치 영역(location area)을 벗어날 때 위치관리를 위한 데이터베이스(HLR과 VLR)에 MT의 위치를 알려주는 연산으로 MT에 의해서 수행된다. 위치 탐색은 MT를 찾기 위한 호(call) 요청이 들어왔을 때 가장 최근이 MT가 등록한 위치영역 전체에 페이징 연산을 수행하여 MT를 찾는 연산으로 시스템에 의해서 수행된다. 위치 갱신과 위치 탐색의 연산을 최소화하기 위해서 많은 기법들이 제안되어 왔지만, 본질적으로 두 연산은 서로 상쇄(trade-off) 관계에 있기 때문에 최적화하기가 쉽지 않다.

현재까지 제안된 기법들의 대부분은 MT의 호 도착률과 위치 영역의 상주시간을 이용하여 두 연산의 최적화를 유도하였다. 그러나, 이들 기법에서 MT의 호 도착률보다 이동률이 훨씬 높은 이동단말은 불필요하게 잦은 위치 갱신을 수행함으로써 네트워크 비용을 증가시키는 단점을 갖고 있다. 이런 단점을 극복하고자 MT의 위치 갱신 비용을 감소시키는 기법으로 TLA(Two Location Algorithm) 기법[1]이 제안되었다. TLA에서는 MT가 현재 상주하고 있는 위치 영역의 식별자뿐만 아니라 이전 위치 영역의 식별자까지도 저장하여 MT가 이전 위치 영역으로 다시 되돌아갈 때에는 위치 갱신을 수행하지 않도록 한다. 이 기법은 CMR(Call-To-Mobility ratio)이 낮고 이전 영역으로 돌아갈 확률이 높은 MT에 대해서 위치 탐색보다 상대적으로 잦은 위치 갱신의 횟수를 줄임으로써 전체적인 비용의 감소를 유도하였다. 그러나, 이 기법은 CMR이 낮다라도 되돌아갈 확률이 낮은 MT나 특정 방향으로 이동할 확률이 이전 영역으로 되돌아갈 확률보다 높은 경우에는 효율적이지 못하다. 예를 들어, 고속도로나 출퇴근 시간에 이동중인 MT는 특정 방향으로의 이동성이 다른 방향에 비해서 상당히 높다. 그래서, 이러한 환경에서는 MT가 이전 영역으로 되돌아갈 확률보다 특정방향으로 이동할 확률이 더 크다. TLA 기법을 비롯한 기존의 위치 관리 기법들은 자신의 특징들이 이러한 상황에 적용되지 않아 오히려 위치관리 비용의 증가를 초래한다. 그러므로, MT의 이동 방향성을 고려하여 MT의 위치 갱신 비용을 효율적으로 감소시켜주는 위치관리 기법이 요구된다.

따라서, 본 논문에서는 효율적인 MT의 위치관리를 위해 위치 영역에 있던 MT들의 이동 방향 정보와 MT의 이동성 정보를 이용하는 새로운 위치 갱신 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 위치 갱신 기법은 특정 방향으로의 이동성이 큰 MT에 대해서 위치 갱신 비용을 감소시켜 전체적인 위치관리 비용을 감소시킨다. 아울러, IS-41과 TLA 기법[1,2]과의 성능 평가 및 분석에서는 본 논문의 기법이 특정 방향으로의 이동확률이 높아질수록 두 기법보다 훨씬 비용이 감소되었음을 보여준다.

2. 시스템 모델

그림 1은 본 논문에서 가정하는 이동 통신 시스템의 구조를 보여준다. 그림 1에서 각 위치 영역을 관리하는 MSC(Mobile Switching Center)는 자신의 관리영역 내에 있는 MT들의 위치를 저장하기 위해서 하나의 VLR을 가지고 있으며 자신의 위치 영역을 관리한다. 그리고, 본 논문에서는 MSC가 자신이 관리하는 위치 영역에 인접한 각각의 위치 영역들로 단위 시간동안 얼마나 많은 MT들이 이동하는가를 감시하여 자신이 관리하는 위치 영역 내에 있는 MT들이 인접한 각각의 위치 영역으로 벗어나는 확률을 알고 있다고 가정한다. 이러한 확률은 위치 영역에 상주하는 MT들의 이동성 통계 등을 이용하여 사전에 알 수 있다. 그림 1의 구조에서 MT는 이전 위치 영역 식별자를 저장하기 위한 기억 공간(M1), MT가 현재 상주하고 있는 위치 영역 식별자를 저장하기 위한 기억 공간(M2), 그리고 MSC로부터 할당받은 위치 영역의 식별자를 기억하기 위한 기억 공간(M3)을 가지며, HLR은 MT의 현재 위치 영역 식별자 기억 공간(H1)과 MSC로부터 할당받은 위치 영역 식별자를 기억하기 위한 기억 공간(H2)을 가진다고 가정한다.

본 논문은 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업으로 수행되었음.

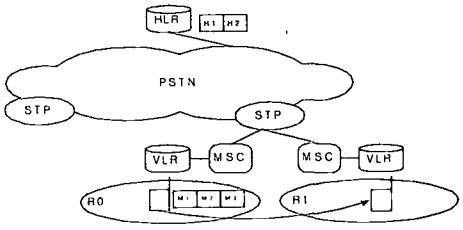

그림 1 이동 통신 시스템의 구조

3. 제안기법

3.1 기본 아이디어

이동 통신 환경에서는 MT가 랜덤하게 이동하기보다는 특정 방향으로 이동할 확률이 높은 경우가 많다. 예를 들면, 출퇴근 시간이나 고속도로, 철도 등을 이용하여 이동하는 경우가 이에 해당된다. 그리고 높은 지역성을 가진 MT의 경우에는 현재 상주하고 있는 위치 영역에서 이전 위치 영역으로 이동할 확률이 다른 이웃한 위치 영역으로 이동할 확률보다 높다.

인접한 두 위치 영역간에는 특정 시간대에 MT들의 이동이 특정한 흐름을 가질 수 있다. 예를 들어, 출근시간의 경우에 MT들은 주거 영역을 관리하는 위치 영역에서 비즈니스 영역을 관리하는 위치 영역으로 주로 이동하게 된다. 그러므로, 주거영역을 관리하는 위치 영역에 상주하는 MT들이 비즈니스 영역으로 이동할 확률이 이웃한 다른 영역으로 이동할 확률보다 월등히 높아진다. 또한 MT들이 두 개의 인접한 위치 영역사이를 고속도로나 철도 등을 이용하여 이동할 경우에는 높은 속도로 일정한 방향으로 이동하는 특성을 갖기 때문에 짧은 시간동안 많은 위치 갱신이 수행되어야 한다. 이는 짧은 시간동안 과도한 네트워크 부하를 시스템에 초래한다. 그리고, CMR이 매우 낮은 상태에서 (즉, 호도착률보다 이동률이 훨씬 큰 경우) 특정 방향으로 이동을 하는 MT들의 위치 갱신은 불필요한 위치 갱신이 될 확률이 높다. 따라서, MT의 지역성과 인접한 두 위치 영역들 사이에서 MT들의 이동 확률을 고려한 효율적인 위치 관리 기법이 요구된다. 본 논문에서는 MT가 위치 갱신을 수행할 때, 자신의 이전 위치 영역의 식별자와 이전 위치 영역으로 이동할 확률을 위치 갱신 메시지에 같이 실어서 보내도록 한다. MT가 상주하고 있는 위치 영역을 관리하는 MSC는 MT로부터 수신한 확률과 MT들이 인접한 위치 영역으로 이동하는 확률 중 가장 높은 확률을 서로 비교하여 더 높은 확률을 가지는 위치영역의 식별자를 MT와 HLR에게 미리 할당하여주도록 한다. 그리고, MT가 새로운 위치 영역으로 이동하였을 때, 할당받은 위치 영역으로 MT가 진입할 시에는 위치 갱신을 수행하지 않도록 하여 위치관리 비용을 효율적으로 줄일 수 있는 기법을 제안한다.

3.2 이동 단말의 방향 정보를 이용한 갱신 기법

본 논문에서는 위치 영역 i에 인접한 위치 영역의 집합을 G_i, 위치 영역 i에 상주하고 있는 MT들이 단위시간 동안 인접한 위치 영역 j ($\in G_i$)로 이동하는 확률을 P_{ij}로 정의한다. MT들이 G_i에 속하는 위치 영역으로 이동할 확률들 중 가장 큰 확률은 다음과 같이 정의된다.

$$\max(P_{ij}) = \{P_{ij} \mid \forall k \in G_i, \exists j \; such \; that \; P_{ik} \le P_{ij}\} \quad (1)$$

MT가 이전 위치 영역으로 이동할 확률은 θ라고 가정한다. 현재 위치 영역 i에 상주하는 MT의 이전 위치 영역을 k ($\in G_i$)라고 할 때, k를 제외한 인접 위치 영역 중 MT가 이동할 확률이 가장 높은 위치 영역의 확률 γ_{ij}는 다음과 같이 계산된다.

$$\gamma_{ij} = (1-\theta) \cdot \frac{\max(P_{ij})}{(1-P_{ik})} \quad (2)$$

MT가 위치 영역 i에서 위치 등록을 수행할 때, MT는 k와 θ를 이동 통신 시스템에 전송한다. MSC는 수신한 θ의 값이 0.5보다 크다면, MT의 M3와 HLR의 H2에 k의 식별자를 할당한다. 그리고, θ가 0.5보다 작고 $\max(P_{ij})$의 j와 MT가 전송한 k가 동일하다면 MSC는 MT의 M3와 HLR의 H2에 k의 식별자를 할당한다. 그 외의 경우에 대해서, MSC는 $\theta \ge \gamma_{ij}$ 인 경우에는 MT의 M3와 HLR의 H2에 k를 할당하고, $\theta < \gamma_{ij}$ 인 경우에는 식별자 j를 할당한다. 그리고, 다음번 이동시에 M3에 저장된 값과 동일한 위치 영역으로 이동하면, MT는 위치 등록을 수행하지 않는다. 이때, MT의 M2에는 M3값이 M3에는 M2의 값이 저장된다. 그러나, 이동한 곳이 M3에 저장된 값과 동일하지 않은 경우에 MT는 위치 등록을 수행한다. MT에 대한 착호가 발생했을 때, 이동 통신 시스템은 HLR을 검색하여 H1에 저장된 위치 영역을 먼저 페이징하여 MT를 찾고 호 연결을 설정한다. 만약 H1에 저장된 위치 영역에서 MT를 찾는 것을 실패하면, HLR을 다시 검색하여 H2에 저장된 위치 영역을 페이징하여 MT를 찾는다. 다음 절에서는 본 논문에서 제안하는 기법을 마코프 모델을 사용해서 모델링한다

3.3 모델링

이 절에서는 제안 기법 하에서 동작하는 이동 통신 시스템의 성능 특징을 서술하는 마코프 모델을 서술한다.

호출 받을 수 있는 상태에서 여러 위치 영역을 이동하고 있는 MT의 상태는 [2]에서처럼, 3개의 구성요소로 이루어진 상태 서술 벡터 (a, b, c)로 표현한다. 구성요소 a는 MT가 호출되어진 상태인지의 여부를 나타내는 이진 값으로, 0이면 호출되지 않은 상태를 1이면 호출된 상태를 나타낸다. 또한, 구성요소 b는 MT가 바로 직전의 이동을 통해서 MSC로부터 할당받지 않은 새로운 위치 영역으로 이동했는지의 여부를 나타내는 이진 값으로 1이면 할당받지 않은 새로운 위치 영역으로의 이동했음을, 0이면 그렇지 않음을 나타낸다. 구성요소 c는 HLR의 H1, H2값과 MT의 M2, M3값의 일치 여부를 나타내는 이진 값으로, 0이면 일치를 1이면 불일치를 나타낸다.

그림 2는 $\theta < \gamma_{ij}$ 인 경우에 제안 기법 하에서 동작하는 이동 통신 시스템을 서술하기 위한 마코프 모델을 나타낸다. $\theta \ge \gamma_{ij}$ 인 경우에는 [2]의 TLA 모델과 동일하므로 본 논문에서는 생략한다. 표 1은 제안 기법 하에서 사용된 파리미터들을 보여준다. 초기에, MT는 호출되지도 않고 이동도 없으므로 HLR의 H1,H2와 MT의 M2,M3가 동일한 값을 갖는다. 상태 (0,0,0)이 이러한 상태를 표현한다.

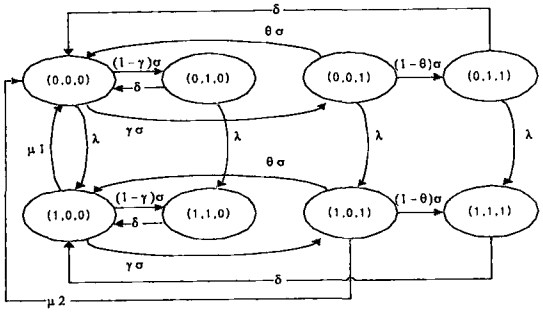

그림 2 제안 기법을 위한 마코프 모델

표 1 제안 기법의 파라미터들

λ	MT의 호 도착률
σ	MT의 이동률 즉, MT가 위치 영역들을 가로지르는 비율
θ	MT가 이전 위치 영역으로 이동할 확률
δ	HLR의 H1과 H2를 갱신하는 위치 갱신 비율
μ_1	c가 0일때 MT를 탐색하는 위치 탐색 비율
μ_2	c가 1일때 MT를 탐색하는 위치 탐색 비율
γ	MT가 M3에 저장된 값의 새로운 위치 영역으로 이동할 확률

위의 마코프 모델의 구성 방법을 간단하게 설명하면 다음과 같다.

먼저, MT가 상태 $(0, i, j)$ $0 \le i, j \le 1$에 있을 때 호가 도착하면, MT가 지금 호출된 상태임을 나타내는 새로운 상태 $(1, i, j)$가 된다. 이러한 행위는 상태 $(0, i, j)$에서 상태 $(1, i, j)$로의 전이율 λ를 가진 전이에 의

해서 표현된다.

두 번째로, 만약 MT가 상태 $(1,i,j)$에 있을 때 새로운 호가 도착하더라도, MT는 여전히 호출되어진 상태에 있기 때문에 동일한 상태로 남게된다. 이러한 행위는 상태 $(1,i,j)$로 재귀하는 전이율 λ를 가지는 감추어진 전이로 서술된다. 이러한 유형의 전이는 마코프 체인[2]을 해결할 때는 고려될 필요가 없기 때문에 그림 2에서 표현하지 않았다.

세 번째로, MT가 상태 $(1,0,0)$에 있다면, MT가 호출된 상태이고 HLR의 H1,H2값과 MT의 M2,M3값이 일치하는 상태를 나타낸다. 그러므로, 이동 통신 시스템은 μ_1의 서비스률로 동시에 모든 대기중인 호를 서비스할 수 있고 서비스 종료 후에 상태 $(0,0,0)$로 전이한다.

네 번째로, MT가 상태 $(1,0,1)$에 있다면, MT가 바로 직전의 이동을 통해서 MSC로부터 할당받은 새로운 위치 영역으로 이동했으며, 서비스를 기다리는 호가 있음을 나타낸다. HLR의 H1,H2와 MT의 M2,M3가 불일치하고 있으므로 이동 통신 시스템은 MT를 찾기 위해 IS-41보다 두 배의 시간을 소비한다. 이러한 행위는 상태 $(1,0,1)$에서 상태 $(0,0,0)$으로 서비스율 μ_2를 갖는 전이로 모델링된다. 호 전달 서비스 후에, 제안한 기법에서는 HLR의 H1과 H2에 저장된 값은 서로 바뀌도록 갱신되고 H1,H2와 M2,M3는 일치하게 되므로 $(0,0,0)$가 된다.

마지막으로, MT가 호출되었는지의 여부에 상관없이, MT는 위치 영역을 바꿀 수 있다. 첫번째 경우로 MT가 MSC로부터 할당받지 않은 새로운 위치 영역으로 이동했다면 HLR의 H1과 H2에 저장된 내용은 갱신되어야한다. 이러한 행동은 상태 $(i,0,0)$에서 상태 $(i,1,0)$ $0\le i,j\le 1$로의 전이율 $(1-\gamma)\sigma$를 가진 전이에 의해서 모델링될 수 있으며, 그 후에, 이동 통신 시스템은 전이율 δ로 상태 $(i,1,0)$를 상태 $(i,0,0)$으로 전이시킨다. 두번째 경우로 MT가 MSC로부터 할당받은 위치 영역으로 이동했다면, HLR에 대한 위치 갱신 연산이 수행될 필요가 없다. 이것은 상태 $(i,0,0)$에서 상태 $(i,0,1)$ $0\le i,j\le 1$로의 전이를 $\gamma\sigma$를 가진 전이에 의해서 모델링 될 수 있다. 전이 후에 HLR의 H1,H2에 저장된 값과 MT의 M2와 M3에 저장된 값은 서로 불일치하게 된다. 그러나, 위에서 기술한 전이의 역 전이는 H1, H2와 M2, M3의 값이 서로 일치하게 한다. MT의 M2, M3에 저장되는 값이 갱신되는 시간은 HLR에 저장된 값이 갱신되는 시간에 비해 0에 가깝다는 점에 주목해야한다. 그러므로, 이 경우에 대한 MT의 위치 갱신 연산을 수행하는데 걸리는 시간을 모델링 할 필요는 없다.

그림 2의 마코프 모델은 모든 상태들이 0가 아닌 확률을 가지며 에르고딕(ergodic)이다. 평형 상태에서 시스템이 상태 (i,j,k)에 머물러 있을 확률을 $P_{(i,j,k)}$로 나타내자. 위치 갱신 연산을 서비스하는 이동 통신 시스템의 평균 비용과 MT를 찾는 평균 비용은 각각 $Our\ Scheme_{update}$ 과 $Our\ Scheme_{call}$로 나타내자. 그리고, 연속적인 두 호 사이에서 위의 두 연산을 서비스하는 이동 통신 시스템의 평균 비용을 $Our\ Scheme_{cost}$하면, 세가지 비용은 다음과 같이 유도된다.

$$Our\ Scheme_{update}=\sum_{i=0}^{1}P_{(i,0,0)}(1-\gamma)\frac{1}{\delta}+\sum_{i=0}^{1}\{P_{(i,1,0)}+P_{(i,1,1)}\}\frac{1}{\delta}+\sum_{i=0}^{1}P_{(i,0,1)}(1-\theta)\frac{1}{\delta} \quad (3)$$

$$Our\ Scheme_{call}=\sum_{i=0}^{1}\sum_{j=0}^{1}P_{(i,j,0)}\frac{1}{\mu_1}+\sum_{i=0}^{1}\sum_{j=0}^{1}P_{(i,j,1)}\frac{1}{\mu_2} \quad (4)$$

$$Our\ Scheme_{cost}=Our\ Scheme_{update}\cdot\frac{\sigma}{\lambda}+Our\ Scheme_{call} \quad (5)$$

연속적인 두 호 사이에서 MT가 지나간 위치 영역의 수는 평균적으로 σ/λ와 같기 때문에, 식 (5)와 같이 유도된다.

4. 성능 평가

이 절에서는 IS-41, TLA와 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 IS-41기법에서 MT를 탐색하기 위한 평균 비용을 의미하는 U를, [1]에서처럼, 1.0으로 고정하였다. 그리고, U와 관련된 또 다른 파라미터로 T를 사용한다. 파라미터 T는 VLR과 HLR간의 평균 통신비용을 나타낸다. IS-41 기법에서 T는 위치 갱신 비용이며 TLA와 제안 기법에서는 HLR의 H1과 H2의 값을 갱신하기 위한 비용이다. 그리고 [2]에 의해서, U와 T는 U=2T+Pc의 관계를 가진다. 여기서 Pc는 위치 영역내에서 MT를 페이징하기 위해 필요한 평균 페이징 비용을 의미한다. 본 논문에서 사용된 파라미터들 중 $\lambda,\sigma,\theta,\gamma$ 는 MT에 의존적인 파라미터이고, δ,μ_1,μ_2는 네트워크 구조에 의존적인 파라미터이다.

[2]에 의해서, 네트워크 구조에 의존적인 파라미터들 각각은 다음과 같이 파라미터화 된다.

$$\delta=\frac{1}{T},\quad \mu_1=\frac{1}{U},\quad \mu_2=\frac{1}{2U-T} \quad (6)$$

동일한 조건 하에서, IS-41, TLA와 제안 기법의 연속적인 두 호사이의 위치 관리 평균 비용을 계산하기 위해서, IS-41과 TLA의 비용 수식은 [2]에서 계산한 수식을 사용하였다. 제안 기법의 평균 비용은 먼저 QtsPlus software[3]를 사용하여 각각의 상태 (i,j,k)에 대한 $P_{(i,j,k)}$를 얻었으며, 식 (5)를 이용하여 평균 비용을 계산하였다. 마찬가지로 TLA 비용의 평균 비용도 [2]의 수식과 QtsPlus software[5]을 이용하여 계산하였으며, IS-41에서의 평균 비용은 [2]의 수식을 이용하여 계산하였다.

그림 3은 T=0.4 이고 θ=0.3인 경우에, IS-41, TLA, 그리고 제안 기법 하에서 위치 관리에 기인한 연속적인 두 호 사이에서의 평균 비용을 보여준다. 또 다른 경우로, 그림 4는 T=0.4 이고 θ=0.1인 경우의 평균 비용을 보여준다. 그림 3은 θ의 값(θ=0.3)이 크더라도 MT의 CMR이 작을수록 제안 기법이 IS-41뿐만 아니라 TLA에 대해서도 평균 비용 측면에서 더 우수함을 보여주고 있다. 그림 4는 θ의 값(θ=0.1)과 CMR이 작으면 제안 기법은 IS-41과 TLA에 대해서 비용측면에서 더욱 우수함을 보여준다. 또한 그림 3과 4는 γ가 θ보다 크면 클수록 제안 기법이 더 우수함을 보여준다.

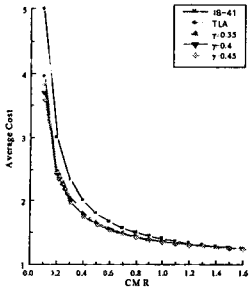

그림 3 T=0.4, θ=0.3인 경우의 IS-41, TLA, 제안 기법 비교

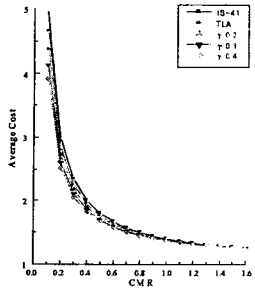

그림 4 T=0.4, θ=0.1인 경우의 IS-41, TLA, 제안 기법 비교

5. 결론

본 논문에서는 이동 통신 시스템에서 개별 사용자의 이동성 패턴과 위치 영역 내에 상주하는 MT들의 이동 패턴 정보 양쪽 모두를 이용하여 위치 갱신 비용을 감소시킬 수 있는 새로운 위치 갱신 기법을 소개하였다. 마코프 모델을 이용한 성능 분석 결과는 MT의 CMR이 낮거나 θ가 작은 경우에 제안 기법이 IS-41과 TLA 보다 효율적임을 보여주었다. 제안 기법은 MT와 이동 통신시스템 양쪽 모두에 복잡한 계산을 요구하지 않는 장점을 갖는다. 앞으로 더욱 향상된 갱신 기법의 개발을 위해 [2]의 Forwarding 기법을 함께 적용하는 갱신 기법을 현재 연구중에 있다.

6. 참고 문헌

[1] 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.

[2] I. Ray Chen, T. Min Chen, and Chiang Lee, "Agent-based forwarding strategies for reducing location management cost in mobile networks," *Mobile Networks and Applications*, vol. 6, no. 2, pp. 105-115, March 2001.

[3] D. Gross and C.M. Harris, *Fundamentals of Queueing Theory. 3rd Ed*, John Wiley & Sons, 1998.