

論文99-36S-5-3

# 마이크로셀룰라 망을 위한 이동횟수 기반 위치관리 기법

## (A Movement-based Mobility Tracking Scheme for Microcellular Networks)

李 鎬 秀 \* , 趙 榮 鍾 \* , 林 在 成 \*

(Ho Soo Lee, Young Jong Cho, and Jae Sung Lim)

## 요 약

이동횟수 기반 위치갱신 기법에서 고정망과의 접속은 단말 내부의 계수기가 이동횟수 임계치에 이르러 위치갱신이 수행되거나 신규호가 발생할 경우에 행해진다. 그러나 단말의 계수기가 임계치에 이르는 동시에 단말이 이전 위치갱신이 수행된 셀(중앙셀)로 재진입이 발생할 경우 불필요한 위치갱신이 수행된다. [2]에서는 중앙셀로 재진입이 발생하는 경우의 불필요한 위치갱신 수행을 제거하기 위해 중앙셀로 재진입이 발생할 경우 계수기를 영으로 초기화한다. 본 논문에서는 [2]의 기법을 일반화하여 위치갱신 비용을 절약할 수 있는 개선된 기법을 제안한다. 본 기법은 단말이 셀 사이를 이동하는 동안 단말은 자신이 방문한 셀과 이동횟수에 관한 정보를 저장한다. 단말이 이미 방문한 셀로 재진입이 발생할 경우 이동횟수 계수기를 증가시키는 것이 아니라 이전 방문시 저장하였던 이동횟수로 재조정한다. 이러한 이동횟수 계수기의 재조정 방법을 통하여 불필요한 위치갱신과 신호절차를 효과적으로 줄일 수 있다. [2]의 기법은 본 논문에서 제안하는 기법 중에서 중앙셀로 재진입할 때만 계수기를 영으로 재조정하는 특수한 경우에 해당된다. 본 기법이 전체 위치관리 비용을 크게 절약할 수 있음을 증명하기 위해 다양한 환경에서의 성능분석 및 수치적 결과를 통해 알아 본 결과 호 도착 비율당 전체 위치관리 비용이 평균 17-26% 절약됨을 관찰할 수 있었다.

## Abstract

This paper studies a generalized version of the movement-based mobility tracking scheme. A contact with the fixed network is made when the movement counter of the mobile terminal reaches a predefined threshold or when an incoming call arrives from the fixed network to the mobile. In this case when the movement counter of the mobile reaches the movement threshold and at the same time the mobile revisits the last cell through which a location update has conducted to the fixed network (which we call the center cell), unnecessary location update is performed. Meanwhile, very recently an enhanced version of the movement-based location update scheme was proposed in [2]. In this scheme, to avoid unnecessary location updates each time the mobile terminal revisits the center cell, its movement counter is forced to zero. By generalizing this scheme, in this paper we propose a more enhanced version of the movement-based location update scheme. In our scheme, during its journey between cells each mobile stores movement information in terms of a list of pairs. When the mobile re-enters one of the cells it has already visited, instead of increasing the movement counter the mobile refers to the list and its counter is reset to the recorded counter value. In fact, disregarding all the movement information except for the center cell for which the cell number is zero and its counter value corresponds to always zero we see that the scheme proposed in [2] can be considered as a special case of our scheme. Analytical expressions and simulation results for the total cost are given to show the cost-effectiveness of our scheme under various parameters. We have observed a saving of about 17-26% in the total cost per call arrival can be achieved.

\* 正會員, 亞洲大學校 컴퓨터工學科  
(Division of Information and Computer Engineering,  
Ajou University)

※ 본 논문은 한국과학재단 지원(과제번호: 97-0100-1401-5)에 의해 수행되었음.  
接受日字: 1998年9月9日, 수정완료일: 1999年5月6日

## I. 서론

최근 이동통신 서비스가 대중화되고 기술이 발전함에 따라 보다 많은 가입자들이 보다 좋은 품질의 서비스 제공을 요구하고 있다. 이에 따라 제한된 무선 자원의 효율적인 이용이 필수적으로 요구되므로 셀이라는 구조를 사용하고 있다. 무선 ATM을 비롯하여 미래의 멀티미디어 무선통신 서비스들은 마이크로 셀 또는 피코 셀을 기반으로 하여 채널의 재사용률을 높이려고 하는 경향이 있다. 이러한 셀의 소형화는 채널의 재사용률을 향상시킴으로써 보다 많은 가입자를 수용 가능하게 하지만 단말의 이동에 의해 발생하는 핸드오프 및 위치관리 문제를 가중화 시킬 것이며 이러한 문제는 급증하는 가입자에 의해 큰 영향을 받을 것으로 예상된다.

무선 이동 통신에서 이동 단말의 위치는 시시각각으로 변화하기 때문에 단말의 번호는 더 이상 그 단말의 위치를 의미하지 않는다. 따라서 이동 통신망에서는 단말에 대한 현재 위치정보를 가지고 있어야 하며, 뿐만 아니라 모든 단말에게 호의 발신 및 착신을 가능하게 하기 위해 망은 항상 개인의 위치를 파악하여야 하며 단말의 이동으로 인해 호의 발신 및 착신이 영향을 받아서는 안 된다. 위치관리는 크게 위치추적과 위치파악 과정으로 나눌 수 있으며, 위치추적은 다시 위치등록 과정과 위치갱신 과정으로 구분되는데 위치등록은 단말이 새로운 망으로 이동할 때 자신의 존재를 알리기 위해 등록하는 과정을 말하며 이러한 절차를 위해서 이동 단말기는 자신에 대한 식별이나 인증을 위해 영구적으로 부여된 번호를 사용한다. 위치갱신은 등록된 단말의 위치이동에 따라 위치정보를 새롭게 갱신하는 과정이다. 그리고 위치파악 과정은 호 설정 시에 착신 호를 전달하기 위해 현재 이동단말이 접속된 교환국을 찾아내는 과정이다. 일반적으로 위치파악 과정은 호 설정 전에 별도로 이루어지거나 호 설정과정의 일부로써 수행될 수도 있다. 이러한 위치관리를 위해서 위치정보 저장을 위한 데이터 베이스들의 구조와 데이터베이스 내에 위치정보의 형태 및 신호절차 메시지 등을 적절히 설계하여 효과적인 위치관리를 수행하여야 한다.

본 논문은 마이크로셀룰라 구조를 사용할 무선 ATM망에 적절하도록 단말의 위치이동통신에 기반하여 위치갱신 절차와 위치파악 절차에 의해 발생하는

위치관리 비용을 절감하는 이동통신 기반 위치관리 기법에 관한 연구이다. 기존에 논의된 위치관리 기법을 크게 3가지로 분류할 수 있다. 첫째, 시간 기반의 위치관리<sup>[3]</sup>, 둘째, 이동통신 기반의 위치관리<sup>[4]</sup>, 셋째, 이동거리 기반의 위치관리로<sup>[5]</sup> 분류된다. 이동통신 기반의 위치관리 기법은 이동단말기내부에 계수기를 두어 단말의 위치이동횟수를 계산하여 이동통신에 대한 임계치에 이르면 위치갱신을 수행하는 위치관리 기법이다. 이 기법에서는 망과의 접속이 발생하는 경우는 이동통신이 임계치에 이르러 위치갱신이 발생하거나 호가 발생하는 경우에만 발생하므로 우수한 성능을 보일 수 있다. 그러나 위치갱신 절차에서 단말이 이미 방문한 셀을 임계치 내에 재방문한 경우 불필요한 위치갱신이 수행되므로 본 기법에서는 이러한 상황에서 단말의 계수기를 재조정하여 위치갱신 수행을 줄일 수 있는 방법과 단말에 대한 신규호가 발생하여 단말의 위치를 검색하는 과정에서 발생하는 무선자원의 낭비를 절감할 수 있는 방안으로 순차적인 위치파악 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 새로이 제안하는 위치관리 기법을 설명하고 본 기법의 성능을 3장에서 분석하고 4장에서는 제안된 기법의 성능향상을 수치적 결과를 통하여 증명하고 마지막으로 결론을 맺는다.

## II. 이동통신 기반의 위치관리

현재 사용되는 대부분의 위치관리 기법에서는 이동 단말의 위치관리를 RA(Registration Area)단위로 수행한다. 위치관리에 사용되는 RA는 여러 개의 셀들의 집합으로 구성되며 하나의 VLR(Visitor Location Register)이 보통 하나의 RA를 관리하게 되고 다시 여러 개의 VLR들의 집합을 HLR(Home Location Register)에서 관리하게 된다. 이렇게 구성되는 망구조는 단말의 빈번한 이동으로 인해 발생하는 위치갱신 과정을 줄이므로 데이터베이스에서 발생하는 과부하를 줄일 수 있다. RA는 대부분이 고정된 형태로 구성되지만 본 논문에서는 단말이 마지막으로 위치 갱신된 셀을 중심으로 하여 일정 거리내의 셀들의 집합을 하나의 RA로 구성하는 동적인 RA구성 방식을 사용한다<sup>[6]</sup>.

그림 1은 중앙 셀로부터의 거리에 따라 일정거리에

위치한 셀들을 *Ring*으로 구성하는 그림이다. 이렇게 구성된 각 *Ring*들은 그림 1에 표현된 것처럼 다시 몇 개의 집합으로 분리되어 *Subarea*를 구성하게 되고 이러한 *Subarea*들은 위치과악 절차에서 사용되는 단위 로써 이용된다.

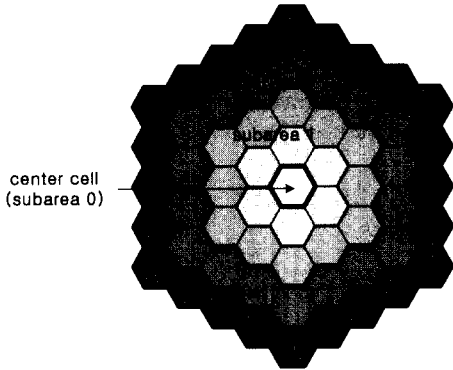


그림 1. RA의 Subarea구성  
Fig. 1. Structure of subareas on an RA.

단말에 대한 신호호가 들어오면 망은 우선 마지막으로 위치 갱신된 중앙 셀(*Subarea 0*)로부터 검색을 시작한다. 순차적으로 *Subarea 0*에서 단말의 검색을 실패하면 중앙셀을 제외한 *Subarea 1, Subarea 2, ...* 내의 셀들을 검색한다.

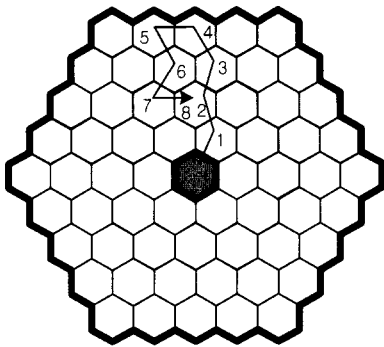


그림 2. 불필요한 위치갱신 수행 예  
Fig. 2. Example of an unnecessary location update.

단말의 위치이동 횟수에 기반한 기법은 마지막으로 위치갱신 수행이후 단말의 위치이동 횟수를 단말이 스스로 감지하여 임계치에 이르게 되면 스스로 위치갱신을 수행한다. 이 방법은 단말기내에 계수기를 이용하므로 구현이 쉽고 우수한 성능을 보일 수 있다. 그러나 이러한 이동횟수 기반의 위치갱신 기법에서는 이동횟수가 임계치에 이르는 순간 이미 방문한 셀로의 재진입이

발생할 경우 불필요한 위치갱신이 수행되는 단점이 발생할 수 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 본 논문에서는 단말이 방문한 셀들을 단말내부의 메모리에 저장하여 이미 방문되어진 셀로의 회귀가 발생할 경우는 계수기의 이동횟수를 재조정한다. 예를 들어 그림 2에서 도시된 것처럼 단말의 이동횟수 임계치내에서 이동할 경우 8번째의 방문한 셀이 2번째 방문한 셀과 일치할 경우 위치갱신이 수행되지 않고 계수기를 2로 재조정하여 불필요한 위치갱신 수행을 줄일 수 있다.

### III. 성능 분석

#### 1. 단말의 위치이동 분석

연속된 호 사이에서 단말의 이동을 시간축에 따라 그림 3에서 도시하였다. 연속된 호 사이에서 단말이  $K$ 번의 이동이 발생할 확률  $\alpha(K)$ 를 구하기 위해 연속된 호 사이의 시간을  $t_c$ 라고 하고, 단말이  $i$ 번째 셀에서 거주하는 시간을  $t_{M,i}$ 라고 정의한다.  $i$ 번째 셀로의 진입이후 다음 호의 발생까지의 시간을  $t_{c,i}$ 라고 하고 단말에 대한 이전 호가 들어온 후 첫 번째의 이동까지의 시간을  $t_m$ 이라 한다<sup>[1]</sup>.

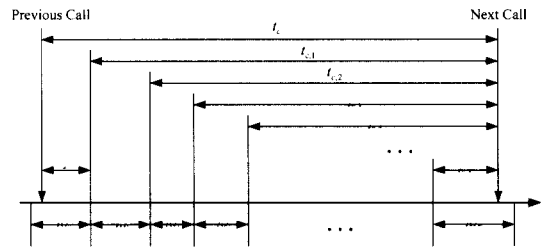


그림 3. 연속된 호 사이에서 단말의 이동  
Fig. 3. Movements of a terminal between consecutive calls.

$f_m(t)$ 를 기대값  $1/\lambda_m$ 을 갖는 셀 거주시간에 대한 확률 밀도 함수라 정의한다. 그리고  $f_m(t)$ 의 라플라스 변환을  $f_m^*(s)$ 라고 하자. 신호호의 발생은 포아송 분포를 따른다고 가정하면 연속된 호 사이의 시간  $t_c$ 에 대한 확률 밀도 함수  $f_c(t)$ 는 평균이  $1/\lambda_c$ 인 지수분포를 따르고,  $t_{c,i}$ 도  $t_c$ 와 같이 지수분포를 따르며 셀 내에 거주시간은 지수분포를 따른다고 가정한다.  $t_m$ 에 대한 확률 밀도 함수  $r_m(t)$ 는 *residual life theorem*을 이용하여 (1)식과 같이 계산된다<sup>[7]</sup>.

$$r_m(t) = \lambda_m \int_{\tau=t}^{\infty} f_m(\tau) d\tau = \lambda_m [1 - F_m(t)]. \quad (1)$$

단 위에서  $F_m(t)$ 는  $f_m(t)$ 에 대응하는 확률 분포함수이다.  $r_m(t)$ 의 라플라스 변환을 계산하면 (2)식과 같다.

$$r_m^*(s) = \frac{\lambda_m}{s} [1 - f_m^*(s)]. \quad (2)$$

CMR(Call-to-Mobility Ratio)를  $\rho = \lambda_c / \lambda_m$ 로 정의하면 연속된 호 사이에서 단말이  $K$ 번 이동할 확률은 다음과 같이 계산된다.

i)  $K = 0$ ,

$$\begin{aligned} \alpha(0) &= \Pr[t_c \leq t_m] \\ &= \int_{t_m=0}^{\infty} \int_{t_c=0}^{t_m} \lambda_c e^{-\lambda_c t_c} r_m(t_m) dt_c dt_m \\ &= r_m^*(s) \Big|_{s=\lambda_c} \\ &= 1 - \frac{1 - f_m^*(\lambda_c)}{\rho}, \end{aligned}$$

ii)  $K \geq 1$ ,  $\alpha(K)$

$$\begin{aligned} &= \Pr[t_m + t_{M_1} + \dots + t_{M_{K-1}} < t_c \leq t_m + t_{M_1} + \dots + t_{M_K}] \quad (3) \\ &= \Pr[t_c > t_m] \left( \prod_{i=1}^{K-1} \Pr[t_{c,i} > t_{M_i}] \right) \Pr[t_{c,K} \leq t_{M_K}]. \end{aligned}$$

그리고 식 (3)내의 확률들은 각각 아래와 같이 유도된다.

$$\begin{aligned} \Pr[t_c > t_m] &= 1 - \Pr[t_c \leq t_m] = \frac{1 - f_m^*(\lambda_c)}{\rho}, \\ \Pr[t_{c,i} > t_{M_i}] &= \int_{t_m=0}^{\infty} \int_{t_{c,i}=t_m}^{\infty} \lambda_c e^{-\lambda_c t_{c,i}} f_m(t_{M_i}) dt_{c,i} dt_{M_i} \\ &= f_m^*(\lambda_c), \\ \Pr[t_{c,K} \leq t_{M_K}] &= 1 - \Pr[t_{c,K} > t_{M_K}] = 1 - f_m^*(\lambda_c). \quad (4) \end{aligned}$$

따라서 식(3)-(4)로부터

$$\alpha(K) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{\rho} [1 - f_m^*(\lambda_c)], & K=0 \\ \frac{1}{\rho} [1 - f_m^*(\lambda_c)]^2 [f_m^*(\lambda_c)]^{K-1}, & K \geq 1. \end{cases} \quad (5)$$

그림 1과 같이 육각형 셀을 사용하는 구조에서 단말이 인접 셀로의 이동확률은 모두 1/6로 일정하다고 가정하면 단말이 각 Ring을 이동하는 형태는 일차원 random walk 모델로 대체된다<sup>[11]</sup>. 단말이 Ring 0

에서 출발하여 각 Ring을 이동할 확률을 계산하면 그림 4와 같은 상태 전이도를 그릴 수 있고, 각 상태는 Ring번호를 나타낸다.

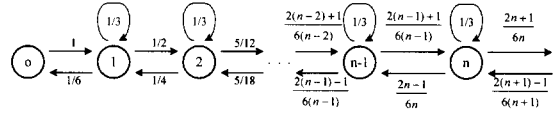


그림 4. 단말이 Ring을 이동할 상태 전이도  
Fig. 4. State diagram of the random walk model between rings.

그림 4의 상태 전이도를 행렬로 표시하면 식(6)과 같이 표현된다.

$$P_K = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1/6 & 1/3 & 1/2 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/4 & 1/3 & 5/12 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5/18 & 1/3 & 7/18 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{2(K-1)-1}{6(K-1)} & 1/3 & \frac{2(K-1)+1}{6(K-1)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

$P_K$ 로부터  $n$ 번의 이동에 의한 상태 전이확률  $P_K^n$ 은 다음과 같이 회귀 방정식 형태로 표현된다.

$$P_K^n = \begin{cases} P_K, & n = 1 \\ P_K \times P_K^{n-1}, & n > 1. \end{cases} \quad (7)$$

### 2. 위치관리 비용 분석

단말이 마지막으로 위치갱신을 수행한 셀로부터 단말이 이동한 셀들의 리스트를 단말내부의 메모리 내에 기억하여 리스트내의 셀로 회귀할 경우 단말내부의 계수기는 재조정된다.  $f_{i,j}^{(n)}$ 을  $n$ 번의 이동에 의해 상태  $i$ 에서 상태  $j$ 로 처음 진입할 확률로 정의하자<sup>[9]</sup>. 단, 상태  $i$ 와 상태  $j$ 는 동일하지 않다. 단말이 임계치  $d$ 를 갖고  $z$ 번 이동하여  $k$ 번의 위치갱신이 수행될 확률  $P_k(z, d)$ 을  $k=0$ 인 경우와  $k \neq 0$ 인 경우로 구별하여 아래와 같이 유도해 보자.

본 논문의 상황에서 단말이 이동횟수 임계치  $d$ 를 갖고 상태  $i$ 에서 출발하여 즉, 임계치  $d$ -내에서  $z$ 번 이동한 결과 0번의 위치갱신이 수행될 확률  $P_0(z, d-i)$ 은  $i$ 에 관한 조건부 확률을 total probability law를 사용하여 풀면 (8)식과 같이 회귀 방정식으로 표현된다. 단  $A$ 는 단말의 위치이동이 발생하여

단말이 위치할 수 있는 모든 상태들의 집합을 표시한다.

$$P_0(z, d-i) = \sum_{m=1}^{i-1} f_{i,i}^{(m)} \cdot P_0(z-m, d-i) + \sum_{j \in A} \sum_{m=1}^{d-i-1} f_{i,j}^{(m)} \cdot P_0(z-m, d-i), \quad (\text{단 } i \neq j). \quad (8)$$

위의 (8)식과 같이  $P_0(z, d-i)$ 는 상태  $i$ 에서 출발하여 임계치 내의  $m$ 번의 이동횟수를 통하여 상태  $i$ 로 회귀한 이후  $z-m$ 번을 이동하여 위치갱신이 발생하지 않는 경우와 상태  $i$ 에서 임계치내의 이동으로 상태  $j$ 까지 전이하여 위치갱신이 불필요한 경우의 확률 합으로 표시된다. 아래의 (9)식은 초기상태를 모든 상태로 일반화하여 단말이  $z$ 번의 이동 결과 위치갱신이 수행되지 않을 확률  $P_0(z, d)$ 를 회귀 방정식에 의해 계산한 식이다.

$$P_0(z, d) = \sum_{i \in A} \sum_{n=1}^{d-1} f_{0,i}^{(n)} \cdot P_0(z-n, d-i) = \sum_{i \in A} \sum_{n=1}^{d-1} f_{0,i}^{(n)} \cdot \left( \sum_{m=1}^{d-n} f_{i,i}^{(m)} \cdot P_0(z-m-n, d-i) + \sum_{j \in A} \sum_{m=1}^{d-n-1} f_{i,j}^{(m)} \cdot P_0(z-m-n, d-i) \right), \quad (\text{단 } i \neq j). \quad (9)$$

단말이 초기상태  $i$ 에서 출발하여  $z$ 번 위치이동에 의해  $k$ 번의 위치갱신이 수행될 확률  $P_k(z, d-i)$ 을 구하면 식(10)과 같이 회귀 방정식을 이용하여 계산된다.

$$P_k(z, d-i) = \sum_{m=1}^{i-1} f_{i,i}^{(m)} \cdot P_k(z-m, d-i) + \sum_{j \in A} f_{i,j}^{(d-i)} \cdot P_{k-1}(z-d-i, d), \quad (\text{단 } i \neq j). \quad (10)$$

위 (10)식은 단말이  $m$ 번의 이동 결과 상태  $i$ 에서 회귀하여 위치갱신이 발생하지 않고  $z-m$ 번의 이동에 의해  $k$ 번의 위치갱신이 발생할 확률과 상태  $i$ 에서 상태  $j$ 로의 전이한 결과 한번의 위치갱신 이후  $z-d$ 번의 이동에 의해  $k-1$ 번의 위치갱신이 수행될 확률의 합을 표시한 것이다. (10)식을 초기상태  $i$ 에 대해 일반화하여 다시 계산하면 (11)식과 같이  $z$ 번 이동한 결과  $k$ 번의 위치갱신이 수행될 확률  $P_k(z, d)$ 을 구할 수 있다.

$$P_k(z, d) = \sum_{i \in A} \sum_{n=1}^{d-1} f_{0,i}^{(n)} \cdot P_k(z-n, d-i) + \sum_{i \in A} f_{0,i}^{(d)} \cdot P_{k-1}(z-d, d). \quad (11)$$

단말의 이동이  $z$ 번 발생하였을 경우 위치갱신 수행에 대한 기대값  $M(z, d)$ 은 (12)식과 같이 정의된다.

$$M(z, d) = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot P_k(z, d). \quad (12)$$

초기상태  $i$ 에서 출발하여  $m$ 번의 이동 결과  $i$ 상태로 회귀하거나  $i$ 상태에서  $j$ 상태로 전이한 결과 위치갱신이 수행될 경우를 회귀방정식을 통해 계산하여 위치갱신에 대한 기대값  $M(z, d-i)$ 을 (13)식과 같이 얻을 수 있다.

$$M(z, d-i) = \sum_{m=1}^d f_{i,i}^{(m)} \cdot M(z-m, d-i) + \sum_{j \in A} f_{i,j}^{(d-i)} \cdot [1 + M(z-d, d)], \quad (\text{단 } i \neq j). \quad (13)$$

식 (13)에서 초기상태  $i$ 에 대해 일반화하면 (14)과 같이 표시된다.

$$M(z, d) = \sum_{i \in A} \sum_{n=1}^{d-1} f_{0,i}^{(n)} \cdot M(z-n, d-i) + \sum_{i \in A} f_{0,i}^{(d)} \cdot [1 + M(z-d, d)]. \quad (14)$$

전체 위치갱신 비용을 구하면 (15)식과 같다.

$$C_{update} = U \cdot \sum_{z=d}^{\infty} \alpha(z) \cdot M(z, d). \quad (15)$$

단  $U$ 는 한번의 위치갱신이 수행되는데 대한 비용이다.

$p_{i,j}^{(n)}$ 을  $f_{i,j}^{(n)}$ 와 달리 단말이 상태  $i$ 에서 상태  $j$ 로 한 번이상 재진입 할 확률이라고 가정한다. 단말이 Ring 0에서 출발하여  $z$ 번의 이동 결과 Ring  $i$ 에 위치할 확률  $\pi_i(z, d)$ 를 계산하면 식(16), 식(17)과 같다<sup>[2]</sup>.

$$p_{0,0}^{(n)} = \sum_{k=1}^n f_{0,0}^{(k)} p_{0,0}^{(n-k)}. \quad (16)$$

$$\pi_i(z, d) = \begin{cases} p_{0,i}^{(z)} & z < d, \\ \sum_{k \in A} \sum_{n=1}^{d-1} f_{0,i}^{(n)} \cdot \pi_i(z-n, d-i) + \sum_{k \in A} f_{0,i}^{(d)} \cdot \pi_i(z-d, d) & z \geq d. \end{cases} \quad (17)$$

단말에 대한 신규호가 발생하였을 경우 단말의 위치가 Ring  $i$ 일 확률  $\pi_i$ 는 (18)식과 같이 계산된다.

$$\pi_i = \sum_{z=0}^{\infty} \alpha(z) \cdot \pi_i(z, d). \quad (18)$$

신규호가 발생하여 단말의 위치를 파악하는데 요구되는 비용은 (19)식과 같이 계산된다.

$$C_{paging} = V \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \left[ \sum_{r \in A_k} \pi_i \sum_{m=0}^k \sum_{r_j \in A_m} g(j) \right]. \quad (19)$$

단  $V$ 는 하나의 셀을 검색하는데 사용되는 비용이고,  $A_k$ 와  $A_m$ 은 각각  $k$ 번째와  $m$ 번째 subarea에 포함된 모든 Ring들의 집합을 나타낸다.  $g(j)$ 는  $j$ 번째 Ring에 포함된 셀의 갯수를 나타내는 함수이다.

$$g(j) = 6j, \quad j \geq 1.$$

본 논문에서 제안한 위치관리 기법에서의 전체 비용  $C_{Total}$ 은 다음 (20)식과 같이 위치갱신 비용과 위치파악 비용의 합으로 계산된다.

$$C_{Total} = C_{update} + C_{paging}. \quad (20)$$

#### IV. 수치적 결과

이 장에서는 제안된 기법의 수치적 결과를 제시한다. 먼저 그림 5에서 제안된 기법과 기존 기법들과의 비용을 비교 분석하고, 제안된 기법에서 임계치와 이동성의 관계에 따른 성능을 그림 6과 그림 8에서 제시하였으며, 그림 7에서는 위치파악 절차의 지연에 따른 분석을 도시하였으며, 마지막으로 그림 9에서 위치갱신 비용과 위치파악 비용과의 관계를 비교 분석하였다. 4장에서 사용된 컴퓨터 시뮬레이션 인수들을 표 1에 정리하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation parameters.

인수	값
전체 셀의 수	127
링 번호	0 - 6
CMR	0 - 5
호 도착 시간 분포	Poisson 분포
호 지속 시간 분포	Exponential 분포
이동 횟수 임계치	1 - 10
Maximum Paging Delay	1 - 7
Update Cost	$U = 1, 5, 10$
Paging Cost	$V = 1$

그림 5에서는 본 논문에서 제안한 방법과 기존에 논의되었던 기법들과 비교하였다<sup>[1], [2]</sup>. 단말의 이

동 횟수가 단순히 임계치에 이를 경우 위치갱신을 수행하는 방법에서는 단말의 이동이 루프를 발생하는 경우에 불필요한 위치갱신이 발생하므로 성능이 다소 낮게 나타난다. 그림 5에서는 단말의 이동성이 큰 경우, 즉 CMR이 작은 경우 기존의 방법에 비해 제안된 방법에서 비용이 크게 절감됨을 보이고 있다. CMR이 0.1에서 5사이에서 망 성능 비교 결과 단말의 회귀를 고려하지 않은 기법(굵은 실선)과 대비하여 평균 26% 가량의 비용 이득을 얻을 수 있었고 단말의 이동이 임계치 내에서 중앙 셀로 회귀하는 경우만을 고려한 방법(점선)과의 비교에서는 평균 17% 가량의 비용 절감이 발생하였다.

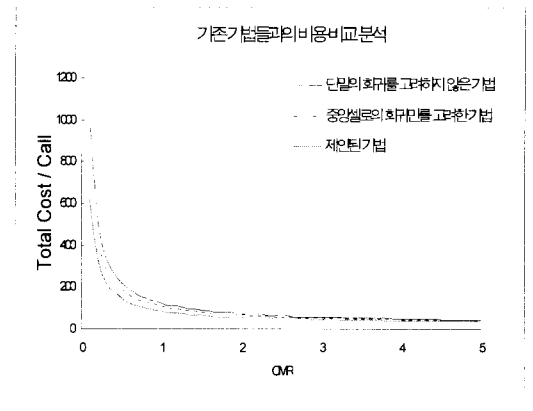


그림 5. 기존 기법과의 위치관리 비용 비교 :  
(Paging delay=4, 임계치=4,  $U=1, V=1$ )  
Fig. 5. Cost comparison of mobility tracking schemes.

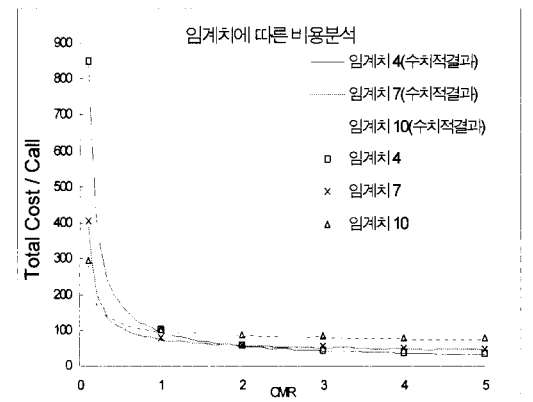


그림 6. 임계치에 따른 위치관리 비용 :  
(Paging delay =4,  $U=1, V=1$ )  
Fig. 6. Total cost per call arrival versus CMR with movement threshold as a parameter.

단말의 이동성과 이동횟수에 따른 전체 위치관리 비

용관계를 그림 6에 도시하였다. 위치갱신은 단말의 이동횟수가 임계치에 이를 경우 발생하므로 이동횟수 임계치 선택에 따라 망의 성능이 좌우될 것이다. 보통 단말의 이동성이 큰 경우는 임계치에 따라 위치관리 비용의 차이가 크게 나타난다. 즉, 이동성이 큰 경우는 임계치가 작을수록 빈번한 위치갱신에 의해 전체 위치관리 비용이 크게 증가하고 이동성이 작은 경우는 임계치가 클수록 위치파악에 의해 사용되는 비용에 의해 전체 위치관리 비용이 증가하게 된다.

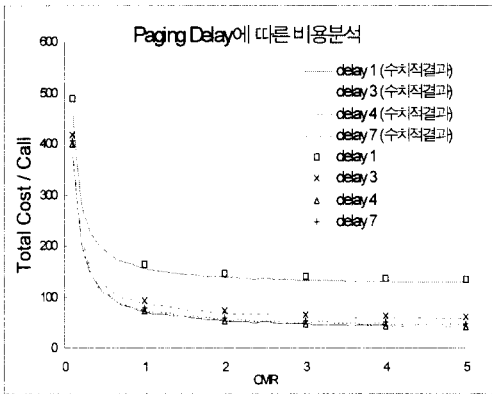


그림 7. 단말의 검색지연에 따른 분석 : (임계치=4, U=1, V=1)

Fig. 7. Total cost per call arrival versus CMR with paging delay as a parameter.

신규호가 들어올 때 RA내에서의 단말이 위치하고 있는 셀을 검색하는 절차에서 발생하는 지연에 따른 전체 위치관리 비용의 분석을 그림 7에 도시하였다. RA내의 셀들을 동시에 검색할 경우는 지연이 없는 반면에 무선자원의 낭비가 초래되고 너무 많은 Subarea로 나누어 단말의 검색을 수행할 경우는 무선자원의 낭비를 줄일 수 있지만 단말 검색 지연이 증가하는 장 단점이 발생하므로 적당한 수준에서 망을 구성하여야 한다. 그림 7에서는 전체 RA를 4개의 Subarea로 나누어 단말을 검색하는 경우(실선)가 최적 비용임을 관찰할 수 있다.

그림 8에서 단말의 이동성과 망의 임계치와의 관계에 따른 비용을 도시하였다. 임계치가 너무 작을 경우 빈번한 위치갱신에 의해 전체 위치관리 비용이 증가하고 임계치가 너무 클 경우는 위치파악 절차에서 발생하는 비용이 증가한다. 그러므로 망의 성능을 향상시키기 위해 적절한 임계치를 선택하여야 한다. 그림 8에서는 표 1의 인수를 사용한 경우에 이동 횟수 임계

치의 최적값을 관찰할 수 있다.

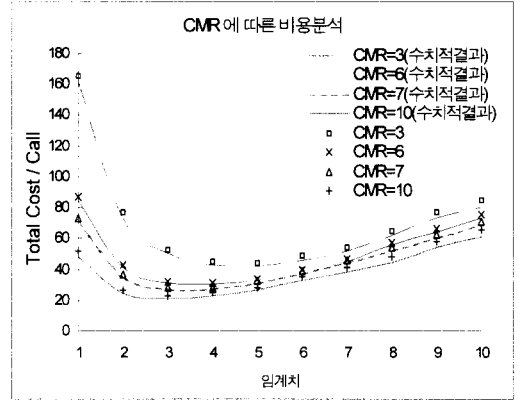


그림 8. 임계치와 이동성에 따른 위치관리 비용 : (Paging delay=4, U=1, V=1)

Fig. 8. Total cost per call arrival versus movement threshold with CMR as a parameter.

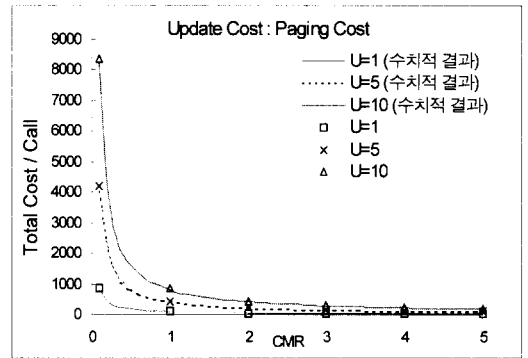


그림 9. 위치갱신 비용과 위치파악 비용에 따른 전체 비용 분석 : (Paging delay=4, V=1, 임계치=4)

Fig. 9. Total cost per call arrival versus CMR with update cost/paging cost as a parameter.

그림 9에서는 위치파악 비용과 위치갱신 비용의 비율에 따라 전체 위치관리 비용이 어떠한 영향을 받는지를 도시하였다. 실제 망의 구현에 있어 비용의 비율은 달라지며, 이로인해 망의 성능이 크게 좌우된다. 위치갱신 비용이 위치파악 비용에 비해 큰 경우는 단말의 이동성이 클수록 전체 위치관리 비용이 크게 증가함을 보인다.

### V. 결론

본 논문에서는 이동횟수에 기반한 위치관리 기법 중 단말이 이동횟수 임계치 내에서 방문하였던 셀을 다시

방문할 경우 이동통신을 재조정하여 위치갱신 수행을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 기존에 제안되었던 기법에서는 단말이 방문하였던 셀로 회귀할 경우를 고려하지 않았기 때문에 망의 성능이 다소 떨어졌지만 본 논문에서 제안하는 방법은 방문한 셀로 회귀하는 경우를 고려하여 이동통신을 계산하므로 성능향상을 기대할 수 있다. 본 논문에서의 수치적 결과에 따르면 평균 17%에서 26% 가량의 위치관리 비용을 절감할 수 있음을 보였다. 뿐만 아니라 이동통신 임계치에 따라 망의 성능이 크게 좌우됨을 알 수 있었다. 그러므로 망 구성에 있어서 이동통신 임계치 결정은 중요한 요소가 된다. 표 1의 인수를 사용한 결과 이러한 임계치는 3에서 4사이가 최적의 성능을 보임을 관찰할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [ 1 ] Akyildiz, I.F., Ho, S.M., and Lin, Y.-B. "Movement-Based Location Update and Selective Paging for PCS Network", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 1996.
- [ 2 ] Vicente Casares-Giner and Jorge Mataix-Oltra, "On Movement-Based Mobility Tracking Strategy-An Enhanced Version", *IEEE Comm. Letters*. Vol.2, No.2, Feb.1998.
- [ 3 ] C. Rose, "Minimizing the average cost of paging and registration: a timer-based method", *ACM Journal of Wireless Networks* 2(2), pp. 109-116, 1996.
- [ 4 ] A. Bar-Noy, I. Kessler, and M. Sidi, "Mobile users : To update or not to update?" *ACM-Baltzer J, Wireless Networks*, vol.1, no.2, pp.175-186, July 1994.
- [ 5 ] U. Madhow, M. L. Honig, and K. Steiglitz, "Optimization of wireless resources for personal communications mobility tracking", in *Proc. IEEE INFOCOM94*, June 1994, pp. 577-584, June 1994.
- [ 6 ] H. Zie, S. Tabbane, and D. Goodman, "Dynamic location area management and performance analysis", in *Proc. 43th IEEE Vehicular Technology Conf.*, pp. 536-539, May 1993.
- [ 7 ] S. M. Ross, *Stochastic Processes*. New York: Wiley, 1993.
- [ 8 ] Lin, Y.-B., "Reducing location update cost in a PCS network", *IEEE/ACM Trans. on Networking*, 5(1): 25-33, Feb 1997.
- [ 9 ] D. R. Cox and H. D. Miller, *The Theory of Stochastic Process*. London, U.K.: Chapman-Hall science Paperbacks, 1972.



## 저 자 소 개

## 李 鎬 秀(正會員)

1996년 아주대학교 공과대학 컴퓨터공학과 학사. 1998년 아주대학교 컴퓨터공학과 석사. 주관심분야는 컴퓨터 네트워크, B-ISDN/ATM, 무선 ATM, 무선 LAN, 이동통신 시스템



## 林 在 性(正會員)

1983년 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(Ph. D.). 1985년 1월~1988년 3월 대우통신(주) 전임 연구원. 1988년 4월~1995년 9월 (주)디지콤 정보통신 연구소 책임연구원. 1995년 10월~1998년 1월 SK텔레콤 중앙연구원 책임 연구원. 1998년 3월~현재 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부 조교수. 주관심분야는 이동통신, 디지털 통신, 디지털 신호처리 등

## 趙 榮 鍾(正會員)

1983년 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1985년 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학석사). 1989년 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학박사). 1985년~1988년 금성전기연구소 연구원. 1989년~1995년 LG정보통신 중앙연구소 ATM 교환연구실 실장(책임연구원). 1991년 Bell Lab 파견연구원. 1996년~현재 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 조교수. 주관심분야는 컴퓨터네트워크, 초고속통신망, 무선통신망, 무선ATM