

차세대 이동통신 시스템을 위한 속도 기반 위치관리

황승희 한연희 이보경* 양권우** 황종선

고려대학교 컴퓨터학과 분산시스템 연구실,

*한국산업기술대학교 컴퓨터학과, **공주교육대학교 컴퓨터교육학과

(shhwang, yhhan, hwang}@korea.ac.kr, *bklee@kpu.ac.kr, **kwyang@pro.kongju-e.ac.kr

A Velocity Based Location Management for Next Generation Mobile Communication Systems

Seung-Hee Hwang, Youn-Hee Han, Bo-Kyung Lee*, Kwon-Woo Yang**, Jong-Sun Hwang

Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

*Dept. of Computer Science and Engineering, Korea Polytechnic University,

**Dept. of Computer Science Education, Gongju National University of Education

요 약

차세대 이동통신 시스템에서 이동단말에 대한 착호를 설정하기 위해서는 위치관리가 필요하다. 기존의 동적 위치관리 기법에서는 시간, 거리, 이동회수와 같은 단편적인 이동 특성을 위치갱신의 기준으로 채택하였다. 이런 기법들은 다양한 이동성을 갖는 이동단말에 대해서 그 위치관리 비용의 편차가 크다. 가장 효율적인 것으로 알려져 있는 거리기반 기법은 이동거리만을 위치관리의 기준으로 택함으로써 이동이 적은 이동단말에 대해서는 갱신비용이 현저히 낮아짐으로서 그 비용이 작지만, 반대로 이동성이 많은 경우에는 갱신비용이 커진다. 따라서 본 논문에서는 위의 거리기반 기법의 이런 단점을 개선하면서 이동단말의 이동성을 이동거리와 시간에 의해 결정되는 속도로 나타내고, 그 속도에 따라 거리 임계값 및 시간 임계값을 조정하여 위치갱신 및 페이징을 수행하는 새로운 위치관리 기법을 제안한다. 제안된 기법의 효율성을 제시하기 위하여 분석적 모델 및 수치적 결과를 통하여 제안하는 기법과 기존의 거리기반 기법의 총 비용을 구하였으며, 그 결과 제안된 기법은 가변적인 속도 변화를 보여주는 이동단말의 이동성에 대하여 효율적임을 보여 준다.

1. 서 론

차세대 이동통신 시스템에서 이동성을 지닌 이동단말에 대한 착호를 설정하기 위해 위치관리가 필요하다. 이런 위치관리는 위치갱신과 페이징 두 가지 작업으로 구성되고, 갱신이 수행되는 위치영역에 대한 고정 유무에 따라 정적인 위치관리 기법과 동적인 위치관리 기법으로 분류된다. 동적인 위치관리 기법은 갱신을 수행하는 기준에 따라, 시간기반, 거리기반, 이동기반으로 분류할 수 있으며, 각각 마지막 갱신 이후의 소요시간, 이동거리, 이동회수가 각각의 임계값을 넘어설 때 갱신 연산을 수행한다[1,2,3].

기존의 기법들은 다양한 이동성을 갖는 이동단말에 대해서 서로 다른 위치관리 비용을 지닌다. 예를 들어, 기존의 기법 중에 가장 효율적이라고 알려진 거리기반 기법을 보면, 이동단말의 이동성이 낮을 때는 갱신 비용이 적고 착호를 위한 페이징 비용이 항상 일정하기 때문에 위치관리 비용 측면에서 효율적이지만 반대로 이동성이 높은 이동단말의 경우에는 빨리 거리 임계값에 해당 하는 영역으로 자주 이동하게 되어 위치갱신에 대한 비용이 증가한다. 이는 거리기반 기법이 이동단말의 이동성을 단순히 거리로만 정의하였기 때문에 생기는 문제이다. 따라서 본 논문에서는 이동단말의 이동성을 보다 다양한 요소로 파악하고 변화하는 이동단말의 이동성을 고려할 수 있는 새로운 위치관리 기법을 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 이동단말의 이동성을 이동거리와 시간에 의해 결정되는 속도로 정의하고, 위치 갱신을 위한 기준으로서 속도를 표현하는 시간임계값 및 거리임계값을 동시에 활용하여 갱신을 수행한다. 즉 이동단말이 지닌 타이머가 시간임계값을 초과하게 되면 단위시간당 이동거리가 감소한 것이고 이는 곧 이동속도가 감소하였음을 의미한다. 한편, 이동단말이 거리 임계값을 초과하여 이동하였다면, 이 이동단말은 단위시간당 이동거리가 증가한 것이므로 속도가 증가하였음을 알 수 있다. 이와 같이 속도에 대한 변화를 감지하여 이에 알맞게 시간 및 거리 임계값을 동적으로 변화시키면 이동단말의 갱신 비용을 기존의 거리기반에 비해 낮은 수준으로 유지할 수 있고, 또한 그 변화된 임계값을 활용하여 착호 설정을 위한 페이징 영역을 줄일 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장 제안하는 기법에서는 제안하는 기법에 대한 구동원리와 알고리즘을 설명하고, 3장 성능 분석에서는 제안하는 기법의 수학적 성능 분석을 위한 분석적 모델을 제시하고, 해당 분석적 모델에서의 위치갱신비용을 산출한다. 마지막 4장 결론 및 향후 연구과제에서는 제안하는 기법에 대한 결론과 향후 연구과제에 대해서 논한다.

2. 제안하는 기법

본 논문에서 제안하는 기법은 이동단말의 속도를 고려한 갱신을 수행한다. 속도는 마지막 갱신이 일어난 셀부터 현재 위치한 셀까지의 직선거리 d 와 마

지막 갱신이 일어난 시각부터 현재까지의 소요시간 t 의 비율로서 정의한다. 현재까지 이동한 거리 d 는 [4]에서 제안한 거리 계산 방법을 이용하여 산출하며, 이동단말은 갱신할 때마다 초기화하는 타이머를 지닌다고 가정한다. 만일 이동단말이 지닌 타이머가 시간 임계값을 넘지 않고 이동단말이 거리 임계값을 초과하여 이동한다면 이동단말의 속도가 증가한 것으로서 단위시간당 이동거리가 더 증가한 것으로 간주한다. 따라서 다음 갱신을 위한 거리 임계값은 1을 늘려주고, 시간 임계값은 1을 줄여준다. 이동단말이 거리 임계값을 초과하여 이동하지 않고 타이머가 시간 임계값을 초과했다면 이동단말의 속도가 감소한 것으로서 단위시간당 이동거리가 감소한 것으로 간주한다. 따라서 다음 갱신을 위한 거리 임계값을 1을 줄여주고, 시간 임계값은 1을 늘려준다. 위치 갱신은 이동단말의 타이머가 시간 임계값을 초과하거나 이동단말이 거리 임계값을 초과하여 이동할 때 및 호가 도착할 때 수행된다. 다음은 제안하는 기법의 위치갱신을 위한 프로시저이며, 각 셀에 진입할 때 한번씩 수행한다.

procedure update(d, t)

begin

// t : 마지막 갱신 이후 경과시간, d : 마지막 갱신 이후 이동거리

// D_0 : 초기 및 이전 거리 임계값, T_0 : 초기 및 이전 시간 임계값

// T : 현재 시간 임계값, D : 현재 거리 임계값

if ($t > T$)

then begin $D = D_0 - 1$ $T = T_0 + 1$ $D_0 = D$ $T_0 = T$

update the location and report D and T ;

end

else if ($d > D$)

then begin $D = D_0 + 1$ $T = T_0 - 1$ $D_0 = D$ $T_0 = T$

update the location and report D and T ;

end

end

한편, 마지막 갱신된 시각은 각 이동단말의 프로파일에 기록된다고 가정하며, 착호가 발생하면 시스템은 이동단말의 이동속도, 즉 시간 임계값 (D), 거리 임계값 (T) 및 마지막 갱신 이후에 경과된 시간(t_e)을 이용하여 이동단말의 현재 위치를 링(Ring, R)단위로 찾으며, 이 링의 식별자는 다음과 같이 결정된다.

$$i = \frac{D}{T} * t_c$$

각 링 R_i 는 아래 그림 1에서 $(i, y), 0 \leq y \leq i-1$ 을 식별자로 가진 모든 셀들의 모임이다. 제안하는 페이징 기법은 이동단말이 현재 위치한 링 R_i 을 먼저 페이징하고, 이 링에서 이동단말을 찾지 못 찾았을 때에, 다시 거리 임계값에 해당하는 전체 영역을 페이징한다.

3. 성능 분석

3.1 분석적 모델

본 논문에서의 이동성 모델은 [5]와 동일하며, 육각 모형의 셀들로 구성되는 랜덤 워크 모델을 가정한다. 중심 셀로부터 같은 거리에 있는 셀들을 하나의 동일 링으로 정의한다. 각 셀들은 식별자로서 (x, y) 를 가지며, x 는 셀이 속한 링의 번호를, y 는 링 x 내에서 상대 위치를 나타낸다. 이동 단말이 위치 갱신을 하게 되면, 해당 셀이 $(0,0)$ 식별자를 지니게 되며, 그 셀을 중심으로 다시 각각의 링이 구성된다. 그림 1의 a)는 거리 임계값이 6일 때 해당 임계값을 벗어나기 전 이동단말이 이동할 수 있는 영역을 그림으로 나타낸다.

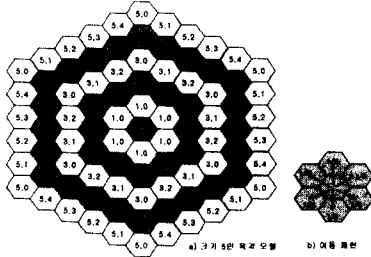


그림 1 육각 모형의 랜덤 워크 모델

하나의 셀에서 이동단말은 그림 1의 b)에서와 같이 여섯 방향으로의 이동성을 가지며 각 방향으로의 이동은 동일한 확률(1/6)을 갖는다. 이동단말은 한번의 이동으로 n 번째 링의 셀에서 $n+1$ 번째, n 번째, $n-1$ 번째 링의 셀로만 이동 가능하다. 그림 2는 이동성 모델에서 각 셀의 식별자를 상태로 정의할 때, 거리 임계값이 6인 이동단말의 이동 상태 다이어그램(state diagram)을 나타낸다. 특히, $(6,0)$ 에서 $(6,4)$ 까지의 상태는 흡수 상태(absorbing state)로 이 상태에 도달하면 거리 임계값이 6인 영역으로 벗어남을 의미한다.

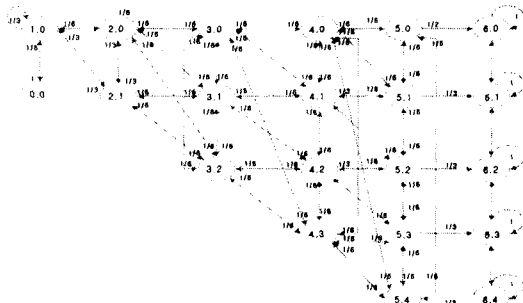


그림 2 거리 임계값이 6일때의 육각 모형의 이동 상태 다이어그램

그림 2의 상태도에 대한 1-단계 전이 행렬 P 는 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \frac{1}{6} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

행렬 P 의 원소 $P(x,y),(x',y')$ 은 이동 단말이 셀 식별자 (x, y) 에서 (x', y') 로 한 번 이동할 확률을 나타낸다. 따라서 k 번 이동하여 (x, y) 에서 (x', y') 로 이동할 확률은 k -단계 행렬 $P^{(k)}$ 의 하나의 원소가 되며 다음과 같이 얻을 수 있다.

위의 식으로부터 $(0,0)$ 셀에서 출발하여 정확히 k 번째 이동에서 거리 D 만큼 이동할 확률을 다음과 같이 구할 수 있다[4].

$$P_{k,(0,0),(D,i)} = \begin{cases} P_{(0,0),(D,i)} & , k=1 \\ P_{(0,0),(D,i)} - P_{(0,0),(D,i)}^{(k-1)} & , k>1 \end{cases}$$

각 이동단말에 대한 착호 비율을 λ_c 이라 하고, 이동단말의 셀 이동비율을 λ_m 이라고 정의하면, λ_m 과 이동단말의 속도 v 는 R 을 셀의 반지름이라고 하였을 때 [6]에서와 같이 $\lambda_m = \frac{2v}{\pi R}$ 의 관계를 갖는다.

각 셀의 상주시간 t_M 이 지수분포를 따를 때, k 개의 셀에 대한 이동 경과시간 t_M^k 은 $t_M^k = \sum_{i=1}^k t_M^i$ 로 정의되고 Erlang- k 분포를 따르며, 확률밀도함수는 다음과 같이 표현된다.

$$f_M^k(t_M^k) = \frac{(\lambda_m t_M^k)^{k-1} \cdot e^{-\lambda_m t_M^k} \cdot \lambda_m}{(k-1)!}$$

한편, 거리 D 만큼 이동하는 이동단말의 상주시간 t_M 에 대한 확률밀도함수 $f_M(t_M)$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f_M(t_M) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \cdot f_M^k(t_M^k) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \frac{(\lambda_m t_M)^{k-1} \cdot e^{-\lambda_m t_M} \cdot \lambda_m}{(k-1)!}$$

또한, t_M 의 평균은 $E[t_M] = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \frac{1}{\lambda_m}$ 이다.

착호와 착호사이의 시간을 t_c 라 하고, 거리 및 시간 기반 갱신이 마지막으로 일어난 이후에 착호시까지의 시간간격을 t_c 라 할때, t_c 의 확률밀도함수 $f_c(t_c)$ 와 평균 $E[t_c]$ 는 다음과 같다.

$$f_c(t_c) = f_c(t_c | 0 \leq t_c \leq \min(T, t_M)) = \frac{f_c(t_c)}{P(0 \leq t_c \leq T)} \cdot P(T \leq t_M) + \frac{f_c(t_c)}{P(0 \leq t_c \leq t_M)} \cdot P(t_M \leq T)$$

$$E[t_c] = \frac{1 - (1 + \lambda_c T)e^{-\lambda_c T}}{\lambda_c(1 - e^{-\lambda_c T})} \cdot \left[1 - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - e^{-\lambda_c T} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_m T)^i}{i!} \right] \right] + \frac{1 - (1 + \lambda_c T)e^{-\lambda_c T}}{\lambda_c \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - \left(\frac{\lambda_m}{\lambda_c + \lambda_m} \right)^k \right]} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[e^{-\lambda_c T} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_m T)^i}{i!} \right]$$

3.2 성능 비교

본 논문에서는 성능 비교를 위하여 거리기반 기법과 제안하는 기법의 총 비용을 수치적으로 산출한다. 제안기법에서 갱신이 수행되는 때는 이동단말이 거리 임계값을 초과하였을 때, 시간 임계값이 만료되었을 때, 그리고 착호가 발생하는 경우이며, 이들에 대한 확률은 각각 다음의 P_1, P_2, P_3 이다.

$$P_1 = P\{t_M < T \text{ and } t_M < t_c\} = P\{t_M < T\} \cdot P\{t_M < t_c\} = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - e^{-\lambda_c T} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_m T)^i}{i!} \right] \cdot \left(1 - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - \left(\frac{\lambda_m}{\lambda_m + \lambda_c} \right)^k \right] \right)$$

$$P_2 = P\{t_M \geq T \text{ and } t_c \geq T\} = P\{t_M \geq T\} \cdot P\{t_c \geq T\} = \left(1 - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - e^{-\lambda_c T} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_m T)^i}{i!} \right] \right) e^{-\lambda_c T}$$

$$P_3 = P\{t_c \leq \min(T, t_M)\} = P\{t_c \leq t_M\} + P\{t_c \leq t_M \leq T\} = (1 - e^{-\lambda_c T}) \cdot \left(1 - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - e^{-\lambda_c T} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_m T)^i}{i!} \right] \right) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - \left(\frac{\lambda_m}{\lambda_m + \lambda_c} \right)^k \right] \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{Q^2-k} P_{k,(0,0),(D,j)} \left[1 - e^{-\lambda_c T} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_m T)^i}{i!} \right]$$

D 및 T 를 바로 이전 갱신시에 결정된 거리 및 시간 임계값이라 가정할 때, 위에서 제시한 확률 P_1, P_2, P_3 를 이용하여 동적으로 변하는 거리 임계값 및 시간 임계값은 다음과 같이 구해진다.

$$D = P_1(D' + 1) + P_2(D' - 1) + P_3D'$$

$$T = P_1(T' - 1) + P_2(T' + 1) + P_3T'$$

동적으로 결정되는 D, T 와 함께 t_M^D 를 동적으로 변하는 위치 영역에서의 상주시간 확률변수라고 가정할 때 t_c 와 t_M^D 의 기대값은 다음과 같다.

$$E[t_c] = \frac{1}{\lambda_c}$$

$$E[t_M^D] = \frac{1}{\lambda_M^D} = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{k-2} P_{k,(0,0),(0,0),j} \frac{k}{\lambda_M}$$

위의 식으로부터 제안하는 기법에서의 평균갱신 시간 $E[\lambda_c, D, T]$ 에 소개된 정의를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E[\lambda_c, D, T] = \frac{1}{\lambda_c + \lambda_M^D} [1 - e^{-(\lambda_c + \lambda_M)T(v)}]$$

위의 식으로부터 위치갱신 단위비용이 u 일 때 제안하는 기법의 위치갱신 단위비용 C_v 를 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$C_v = u \cdot \frac{1}{E[\lambda_c, D(v), T(v)]}$$

고정된 거리 임계값을 지닌 거리기반 위치 영역에서의 상주시간 확률변수를 t_M^S 라 정의하면, 이 독립변수의 기대값 $E[t_M^S]$ 과 거리기반 기법에서의 평균갱신 시간 $E[\lambda_c, D_0]$ 는 다음과 같다.

$$E[t_M^S] = \frac{1}{\lambda_M^S} = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{k-2} P_{k,(0,0),(0,0),j} \frac{k}{\lambda_M}$$

$$E[\lambda_c, D_0] = \frac{1}{\lambda_c + \lambda_M^S}$$

위의 식으로부터 기존 거리기반 위치관리 기법에서의 위치갱신 단위비용은 다음과 같다.

$$C_d = u \cdot \frac{1}{E[\lambda_c, D_0]}$$

거리기반 위치관리 기법에서 착호 발생시에 페이징해야 할 셀의 수는 $N_d = 3(D_0^2 + D_0) + 1$ 이며, 페이징 비용은 $P_d = \lambda_c N_d$ 이다. 제안하는 기법에서 착호 발생시에 1차로 페이징해야 할 페이징 링내부의 셀의 수 N_v 는 [7]에서 제시한 방법을 활용하여 다음과 같이 산출될 수 있다.

$$N_v = 6 \frac{D}{T} \cdot E[t_d]$$

한 셀을 페이징하는 단위비용을 p , 첫 번째 페이징에서 해당 링에서 이동단말을 찾을 확률을 P_s 라고 할 때, 제안하는 기법의 페이징 단위비용 P_v 는 다음과 같다.

$$P_v = \lambda_c(N_v + (1 - P_s)N_d)$$

따라서, 거리기반 위치관리 기법의 총 단위비용은 $C_{total}^D = C_d + P_d$ 이며, 제안하는 기법의 위치관리 단위비용은 $C_{total}^V = C_v + P_v$ 가 된다.

그림 3은 $u=10, p=1, R=2.5 km, P_s=0.8, D_0=4, T_0=4$ 를 가정할 때, 속도 및 착호 발생 시간 변화에 따른 기존의 거리기반 기법과 제안하는 기법의 위치관리 비용을 나타낸다. 그림 3의 a)와 b)는 평균 착호 시간간격이 각각 2시간 및 10시간을 가정하면서 이동단말의 속도가 초기에 12m/sec에서 1m/sec까지 점진 감소할 때의 비용변화를 보여준다. 속도가 감소할 때에는 대부분의 속도에 대하여 제안하는 기법이 거리 임계값을 줄이지는 못하고, 평균 페이징 셀수를 줄임으로서 거리기반보다 낮은 비용을 보여주고 있다. 하지만, 평균 착호 시간간격이 10시간이면서 속도가 5이하일 때에는 거리 임계값을 줄이게 되어 제안하는 기법의 비용이 더 낮아짐을 알 수 있다. 그림 3의 c)와 d)는 이동단말의 속도가 초기에 1m/sec에서 50m/sec까지 높아질 때의 비용변화를 보여준다. 이 때에는 속도가 증가함에 따라 거리기반 위치 관리기법은 계속하여 그 비용이 증가하는 반면에, 제안하는 기법에서는 거리 임계값을 동적으로 4에서 7까지 늘리고 시간 임계값을 동적으로 4에서 1까지 줄여서 갱신비용을 줄인다. 한편, 그 임계값들 및 실제 착호 시간간격을 이용하여 거리 임계값 영역 안에서 적절한 링을 찾아 페이징을 함으로써 착호설정 비용을 함께 줄이고 있다. 결과적으로 이동단말의 대부분의 이동성에 대하여 제안하는 기법은 거리기반 기법보다 더 좋은 효율성을 지닌다.

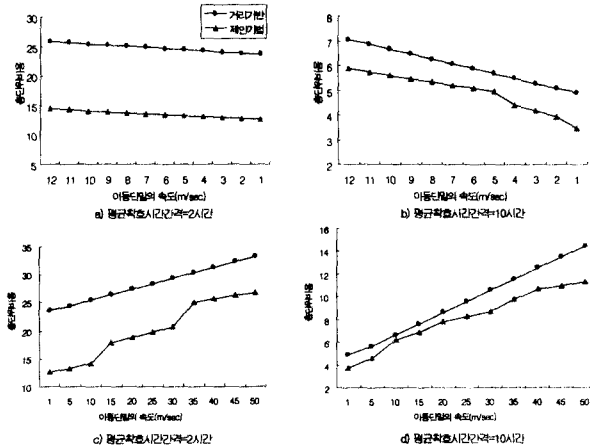


그림 3 이동단말의 이동속도와 착호시간에 따른 거리기반 기법과 제안기법의 총비용 비교

4. 결론 및 향후연구과제

기존의 거리기반 기법은 이동단말의 이동성을 단지 이동 거리로 간주함으로써 이동단말의 이동성을 제대로 반영하지 못 하기 때문에 이동단말 속도의 변화에 따라 성능 편차를 보인다. 본 논문에서 제안하는 기법은 동적으로 변하는 거리 및 시간 임계값을 두어 이동단말의 이동성을 속도로 표현하도록 하고 그 속도의 변화에 대해 충분히 대응하도록 하였다. 즉, 속도가 증가할 때 거리 임계값을 늘리고 시간 임계값을 줄이며, 속도가 감소할 때 거리 임계값을 줄이고 시간 임계값을 늘임으로써 가능한 해당 속도에 알맞은 갱신 비율을 산출하여 그 비용을 줄인다. 또한 두 개의 임계값을 통하여 이동단말의 속도를 판단할 수 있기 때문에 착호 발생 시에 이동단말이 위치할 수 있는 영역을 가능한 정확하게 찾게 되어 페이징 비용을 줄인다.

본 논문에서 제안하는 속도기반 기법은 이동 단말의 속도 변화에 대하여 해당 임계값들을 일정하게 증감시키기고 있다. 하지만 속도 편차에 비례하여 그 증감량을 조절하여 이동단말의 속도 변화에 대하여 항상 일정한 갱신 비율을 찾는 방안을 현재 연구 중에 있다. 또한 제안하는 기법의 성능이 다양한 파라미터들에 대하여 어떻게 영향을 받는지도 연구 중에 있다.

참고문헌

- [1] Ian. F. Akyildiz, Joseph S. M. Ho, Yi-Bing Lin, "Movement-based location update and selective paging for PCS networks" *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 4, no. 4, Aug. 1996
- [2] C. Rose "Minimizing the Average Cost of Paging and Registration: A Timer-Based Method", *Wireless Networks* vol. 2 no. 2 pp. 109-116, 1996
- [3] A. Bar-Noy, I. Kessler and M. Sidi, "Mobile Users: to Update or not to Update", *Wireless Networks Journal*, vol.1 no.2, pp.175-186,1995
- [4] Jingyuan Zhang "A cell ID assignment scheme and its applications", *Parallel Processing, 2000. Proceedings. 2000 International Workshops on*, 2000 pp. 507 -512
- [5] Ian. F. Akyildiz, Yi-Bing Lin, Wei-Ru Lai, and Rong-Jaye Chen, "A New Random Walk Model for PCS Networks" *IEEE Journal of selected areas in communications*, vol. 18, no. 7, Jul. 2000
- [6] K. L. Yeung and S. Nanda, "Channel management in microcell/macroucell cellular radio systems." *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 45, pp.601-7612, Nov. 1996.
- [7] Dong-Jun Lee and Dong-Ho Cho "On Optimum Timer Value of Area and Timer-Based Location Registration Scheme" *INFOCOM '99. Eighteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, Vol. 1, 1999 pp. 28 -35 vol.1