

이동통신망에서 이동기준 위치등록의 개선 및 성능분석

김경수¹ · 백장현²

¹한국전자통신연구원 / ²전북대학교 산업공학과 · 정보통신연구소

A Modification and Performance Analysis of Movement-Based Registration in Mobile Communication Network

K. S. Kim¹ · J. H. Baek²

An efficient location management for mobile stations plays an important role in mobile communication network. This paper studies a movement-based registration(MBR) method with a selective paging scheme. In the movement-based registration method, a mobile station performs a location registration when the number of cell boundary crossings since the last registration equals to the given movement threshold. In the selective paging scheme, the network first partitions the location area of the called mobile station into a number of subareas and then pages each subarea one after another until the MS is found. To reduce the paging and registration load, we propose a modified MBR(MMBR) method in the aspect of minimization of signaling traffic on radio channels. First, we propose a new establishment of the paging area to reduce the paging load on radio channels and then analyze its effects. Next, we propose the MMBR to reduce the registration load. Numerical results show that our proposed movement-based registration provides the better performance compared with the conventional method.

1. 서론

시간과 공간에 구애됨이 없이 통신할 수 있는 이동통신의 편리성으로 인하여 최근 몇 년간 이동 가입자의 수는 폭발적으로 증가하고 있다. 우리나라의 경우, 1998년 11월말 현재 이동통신 가입자의 수가 1300만 명을 넘어서고 있으며 이러한 증가세는 당분간 계속될 것으로 예측된다.

한정된 무선채널로 많은 가입자에게 이동통신 서비스를 제공하기 위해서는 무선채널의 효율을 높여야 하며 이를 위해 셀은 점점 소형화하고 있는 추세이다. 최근의 이동통신망은 셀의 소형화, 높은 사용자 밀도, 높은 이동성 및 광역 로밍(roaming)을 특징으로 하고 있기 때문에 상당한 양의 위치등록을 요구할 수 있으며, 따라서 이동국(Mobile Station, MS)의 위치를 효율적으로 추적할 수 있는 위치등록 방법이 모색되어야 한다.

여러 가지 위치등록 방법에 대한 많은 연구결과가 발표되었다. 거리기준 위치등록(distance-based registration)에 대한 연구

(백장현 외, 1995; 백장현과 이창훈, 1997), 시간기준 위치등록(timer-based registration)에 대한 연구(Colombo *et al.*, 1993), 이동기준 위치등록(movement-based registration)에 대한 연구(Akyildiz *et al.*, 1996), 영역기준 위치등록(zone-based registration)에 대한 연구(김광식과 한영남, 1994; 김광식 외, 1995; 장희선 외, 1994; Xie *et al.*, 1993; Meier-Hellstern and Alonso, 1992) 등이 발표되어 있으며 무선 트래픽의 특성을 반영하여 위치영역을 동적으로 운용하고자 하는 동적 위치영역 할당에 대한 연구(Xie *et al.*, 1993; Ito, 1994; Okasaka *et al.*, 1991)도 많이 다루어지고 있다. 그 밖에도 여러 가지 위치등록 방법이 있다(EIA/TIA/IS-95, 1993). 전원공급 위치등록(power-up registration)은 전원공급시, 전원차단 위치등록(power-down registration)은 전원차단시, 파라미터 변경 위치등록(parameter-change registration)은 시스템에서 정한 파라미터의 변경시, 명령에 의한 위치등록(ordered registration)은 이동교환기의 요구시, 묵시적 위치등록(implicit registration)은 발신호 또는 착신호 발생시, 트래픽 채널 위치등록(traffic channel registration)은 통화중의 위치영역 변경시 위치등록을 수행한다. 이동통신 시스템에서는 무선채널에서의 신호 트래

픽, 구현의 용이성, QoS(Quality of Service), M&A(Maintenance & Administration)의 용이성, 시스템 확장에 따른 적응성(adaptability) 등을 고려하여 이상의 여러 가지 위치등록 방법 중 몇 가지 방법만을 채택하게 된다.

이 연구에서는 이동기준 위치등록(Movement-Based Registration, MBR) 방법을 고려한다. MBR에서는 이동국이 미리 정해진 값, 즉 d 개 이상의 셀을 통과하면 위치등록을 수행한다. 이 연구에서는 MBR과 아울러 선택적 페이징>Selective Paging, SP) 방법을 고려한다. SP는, 페이징의 지연(delay)이 허용되는 한도 내에서 페이징 과정을 여러 단계로 나누어 수행하는 방법이다. 현 단계에서 이동국이 발견되면 나머지 단계를 수행하지 않고 페이징을 종료함으로써 페이징 부하를 줄일 수가 있다.

이 연구에서는 MBR과 SP를 근간으로 하여 무선채널에서의 신호 트래픽을 최소화할 수 있는 방법을 제안하고 제안한 방법의 성능을 분석하고자 한다. 먼저 SP하에서 페이징 영역을 적절히 선택함으로써 기존의 연구(Akyildiz, 1996)에 비하여 무선채널에서의 신호 트래픽을 감소시킬 수 있음을 보인다. 또한 이동국이 이미 통과한 셀들의 ID(Identification number)를 저장하고 있다가, 이동국이 진입한 셀이 이미 저장된 셀들과는 다른, 새로운 셀일 때에만 계수기(counter)값을 증가시키는 수정된 이동기준 위치등록(Modified MBR, MMBR) 방법을 제안하고 그 성능을 분석하고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 MBR과 SP 방법을 소개하고 기존의 연구결과를 기술한다. 또한 페이징 영역을 새로 제안하고 이에 따른 무선채널에서의 신호 트래픽을 분석한다. 3장에서는 기존의 MBR 방법을 개선한, MMBR 방법을 자세히 기술하고 제안한 방법의 성능을 분석한다. 끝으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 이동기준 위치등록(MBR) 및 선택적 페이징(SP)

2.1 MBR

MBR에서는, 이동국이 이동임계치(movement threshold)인 d 개 이상의 셀을 통과하면 위치등록을 수행한다. 이동국은 계수기를 가지고 있어서 새로운 셀로 진입할 때마다 계수기 값을 1만큼 증가시킨다. 어느 셀에 진입함으로써 계수기 값이 d 가 되면 그 셀에서 위치등록을 수행하고 계수기 값을 0으로 초기화한다.

MBR은 계수기만을 유지하면 되므로 구현이 간단하다는 장점이 있다. 또한 위치영역의 경계에 위치한 셀에만 위치등록 부하가 집중되는 영역기준 위치등록과는 달리, 이동통신 시스템을 구성하는 모든 셀에 위치등록 부하가 균등 분배된다. 또한 각 이동국의 이동특성이나 착신호 도착률 등을 알 수 있을 경우에는 이동국별로 서로 다른 이동임계치를 설정함으로써 효율을 높일 수도 있다. 그러나 각 이동국의 이동특성이나 착

신호 도착률 등을 알기는 매우 어려우며 또한 알 수 있다고 하더라도 그러한 파라미터들의 확률적 속성 때문에 이동국별로 서로 다른 이동임계치를 설정하는 것이 항상 좋은 성능을 제공하는 것은 아니므로, 이 연구에서는 편의상 모든 이동국의 이동임계치는 동일한 것으로 가정한다.

위치등록을 수행하기까지 진입할 수 있는 셀의 개수인 이동임계치는 이동국의 착신호 도착률, 이동국의 이동성 및 페이징 영역 등을 고려하여 미리 결정된 값을 이용한다.

2.2 SP

이동국으로 착신호를 설정하기 위해선 해당 이동국이 위치하고 있는 기지국(Base Station, BS)을 알아내야 한다. 이동국의 위치를 알아내는 가장 간단한 방법은 전체 이동통신 시스템에 페이징 신호를 송신한 후 해당 이동국으로부터 응답신호를 수신하여 해당 이동국의 위치를 알아내는 방법이다. 그러나 이러한 방법은 이동국으로 착신호가 올 때마다 이동통신 시스템의 전 영역을 페이징해야 하므로 페이징 트래픽이 과도하게 발생할 수가 있다. 따라서 대부분의 이동통신 시스템은, 이동통신 전체의 영역을 여러 개의 위치영역으로 분할한 후 이동국이 해당 위치영역을 벗어나 새로운 위치영역으로 이동할 때마다 위치등록을 수행한 후 해당 이동국으로 착신호가 올 때 위치등록을 수행한 위치영역을 페이징하는 방법을 사용하고 있다.

이러한 기존의 페이징 방법은 이동통신 시스템의 전 영역을 페이징하는 방법에 비해서는 효율적이지만, 위치영역 내 모든 셀에 한번에 페이징한다는 측면에서는 일정한 한계를 가진다. 이러한 기존의 페이징 방법을 개선하기 위하여, 이동국에 대한 착신호가 발생하면 마지막에 위치등록을 수행한 셀을 중심 셀로 하여 중심 셀에서 가까운 셀부터 단계적으로 페이징하는 SP 방법을 이용한다. 즉, 중심 셀을 가장 먼저 페이징하고, 응답이 없으면 중심 셀에 인접한 셀들을 페이징하는 절차를 밟아 응답이 있을 때까지 단계적으로 셀들을 페이징하는 방법을 이용한다. 단, 이러한 SP 방법은 페이징 응답까지의 지연시간이 충분한 경우에만 가능하다.

2.3 MBR 및 SP의 성능

MBR 및 SP 방법을 채택한 경우의 성능을 분석한 기존의 연구결과(Akyildiz, 1996)를 살펴보자. <그림 2>와 같이 이동통신망이 동일한 크기의 사각형 셀로 구성된다고 가정하자. 이동국이 셀을 방문하면, 일반 분포를 따르는 체류시간(residence time)을 머문 후 다음 셀로 이동한다. 셀에서의 체류시간에 대한 평균은 $1/\lambda_m$ 이라 하자. 특정 셀에서 어느 셀로 이동할지에 대한 확률은 인접 셀에 대하여 모두 동일하게 $1/4$ 로 가정하자(<그림 1>). <그림 2>에서 보듯이, 위치영역은 d 개의 링(링 0, 링 1, ..., 링 $d-1$)으로 구성된다. $r_i (i \geq 0)$ 를 i 번째 링에 속하는 셀

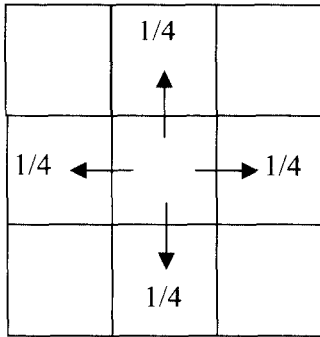


그림 1. MS의 이동특성.

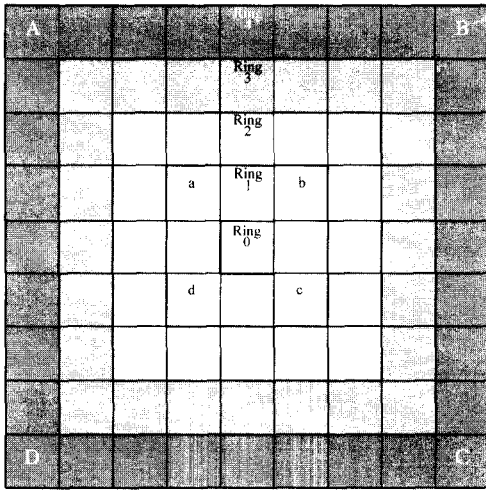


그림 2. 사각형 셀 환경에서 위치영역 및 링(d=5).

들의 집합이라 하자. r_i 에 속하는 셀의 수를 $g(i)$ 라 하면 $g(i)$ 는 다음과 같다.

$$g(i) = 8i, \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

각 이동가입자에 대한 착신호 도착률은 도착률 λ_c 인 포아송 분포를 따른다고 하자. 망에서는 착신호를 연결시켜 주기 위해서 페이징을 수행하게 되는데, SP하에서는 페이징 지연이 허용하는 한도 내에서 페이징 과정을 여러 단계로 나누어 수행한다. 페이징 지연은, 페이징 횟수 η 로 정의하자. $\eta=1$ 이면, 페이징이 한 번만 허용되므로, 중심 셀을 기준으로 링 $d-1$ 까지 모두 한 번에 페이징한다. $\eta=2$ 이면, 착신호 연결까지 두 번의 페이징이 가능하므로, 전체 페이징 영역을 둘로 나누어 페이징을 수행한다. 한쪽에 먼저 페이징하여 응답이 있으면 그 단계에서 페이징을 끝내고 응답이 없는 경우에만 나머지 영역에 페이징한다. 이와 같이 η 값에 따라 전체 페이징 영역을 나누는 방법은 여러 가지가 가능하나, 이 논문에서는 중앙 셀에서 가까운 영역을 먼저 페이징하는 방법을 고려한다(Ho

and Akyildiz, 1995). 이 방법에 따르면, 전체 페이징 영역을 $l = \min[\eta, d]$ 개의 소영역으로 나눈다. A_j 는 j 번째 소영역을 나타낸다. 각 소영역은 하나 이상의 링으로 구성된다. A_j 는 j 번째 링부터 e_j 번째 링까지로 구성된다. 단, s_0 는 0이다.

$$s_j = \lfloor \frac{d \times j}{\eta} \rfloor \quad j \geq 0$$

$$e_j = \lfloor \frac{d \times (j+1)}{\eta} \rfloor - 1 \quad j \geq 0$$

예를 들어, $d=5, \eta=2$ 인 경우 A_0, A_1 이 정의되며 $A_0=r_0+r_1, A_1=r_2+r_3+r_4$ 로 표현된다.

무선채널에서의 위치등록과 페이징 부하를 구하기 위해서는 다음과 같은 값이 필요하다.

$\alpha(K)$: 임의의 한 이동가입자의 호 도착간격 시간 동안 이동국이 K 개의 셀을 통과할 확률

$\beta(k, K)$: K 개의 셀을 통과한 이동국이 중앙 셀에서 k 번째 링에 있을 확률

호 도착률이 도착률 λ_c 인 포아송 분포를 따르고, 셀에서의 체류시간의 확률밀도 함수가 라플라스 변환 $f_m^*(s)$ 를 가지며 평균은 $1/\lambda_m$ 일 경우 $\alpha(K)$ 는 다음과 같다.

$$\alpha(K) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{\theta} [1 - f_m^*(\lambda_c)] & K=0 \\ \frac{1}{\theta} [1 - f_m^*(\lambda_c)]^2 [f_m^*(\lambda_c)]^{K-1} & K>0 \end{cases}$$

$$\text{단, } \theta = \frac{\lambda_c}{\lambda_m}$$

사각형 셀 환경에서 $\beta(k, K)$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \beta(k, K) &= \beta(k, K \bmod d) \\ &= \frac{1}{2^K} \sum_{M=0}^K \binom{K}{M} \\ &\quad \left\{ 2 \sum_{m=0}^{\min(k-1, M)} \Pr[m|M] \Pr[\#K-M] \right. \\ &\quad \left. + \Pr[\#M] \Pr[\#K-M] \right\} \\ &0 \leq k \leq d-1 \end{aligned}$$

윗식에서 $\Pr[m|M]$ 는 random walk model에서 M 번 이동시 시작 지점에서 m 만큼 이동해 있을 확률을 나타내며, 다음과 같이 표현된다.

$$\Pr[m|M] = \frac{1}{2^M} \theta(m, M)$$

단,

$$\theta(m, M) = \begin{cases} 2 \binom{M}{\frac{M-m}{2}} & m>0 \text{ and } \frac{M-m}{2} = 1, 2, 3, \dots \\ \binom{M}{\frac{M}{2}} & m=0 \text{ and } \frac{M}{2} = 1, 2, 3, \dots \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

그러면 호가 도착했을 때 이동국이 링 i 에 있을 확률 π_i 를 바로 구할 수 있다.

$$\pi_i = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha(k) \beta(i, k \bmod d)$$

위에서, $\alpha(k)$ 는 임의의 한 이동가입자의 호 도착간격 동안, 이동국이 k 번 셀의 경계를 지날 확률이다. 따라서 임의의 한 이동가입자의 호 도착간격 동안의 페이징 부하 C_V 는

$$\begin{aligned} C_V &= V \sum_{k=0}^{l-1} \rho_k w_k \\ &= V \sum_{k=0}^{l-1} \left[\sum_{r_i \in A_k} \pi_i \right] \left[\sum_{i=0}^k N(A_i) \right] \\ &= V \sum_{k=0}^{l-1} \left[\sum_{r_i \in A_k} \pi_i \right] \left[\sum_{i=0}^k \sum_{r_m \in A_i} g(m) \right] \end{aligned}$$

V : 한 셀에 대한 페이징 부하

ρ_k : 호 도착시 이동국이 소영역 A_k 에 있을 확률

w_k : 이동국이 A_k 에 있을 때, 성공적으로 페이징할 때까지의 페이징되는 셀 수

$N(A_i)$: 소영역 A_i 의 셀 수

$g(m)$: 링 m 의 셀 수 ($=8m, m=1, 2, 3, \dots$, 사각형 셀 환경인 경우)

l : 소영역의 수 ($=\min(\eta, d)$, η 는 허용가능한 지연의 최대값)

r_m : 링 m

또한 임의의 한 이동가입자의 호 도착간격 동안의 위치등록 부하는, 이동입계치 d 를 초과할 때만 위치등록이 발생하기 때문에 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_U &= U[\alpha(d) + \alpha(d+1) + \dots + \alpha(2d-1)] \\ &\quad + 2U[\alpha(2d) + \alpha(2d+1) + \dots + \alpha(3d-1)] + \dots \\ &= U \sum_{i=0}^{\infty} i \sum_{j=di}^{(i+1)d-1} \alpha(j) \end{aligned}$$

단, U : 위치등록 부하

최종적으로, 임의의 한 이동가입자의 호 도착간격 동안의 위치등록 및 페이징 부하에 따른 총 부하를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_T = C_U + C_V$$

그런데 기존의 연구에서는 사각형 셀 환경에서 이동국이 존재하는 영역에 대한 설정이 부적절하여 불필요한 신호 트래픽

이 발생하는 문제점이 있다. 다음 장에서는 무선채널에서의 신호 트래픽을 줄이기 위하여 이동국의 존재가능 영역인 위치영역을 새로이 설정하고 그 효과를 살펴보고자 한다.

2.4 새로운 SP 영역 및 성능

<그림 2>에서, 모서리에 위치한 상당수의 셀들은, 마지막 위치등록 후 진입한 셀의 수가 기준치인 d 가 되어도 전혀 도달할 수 없음을 알 수 있다. 예를 들어, $d=5$ 번을 이동하더라도 링 0에서는 셀 A, B, C, D 등에 도달할 수가 없다. 마찬가지로 한번의 이동으로는 링 0에서 셀 a, b, c, d에 도달할 수가 없다. 이러한 현상은, 무선채널에서의 신호 트래픽 관점에서 볼 때 위치영역 및 링을 부적절하게 설정했기 때문이다. 이 논문에서는 불필요한 페이징 부하를 줄이기 위하여 <그림 3>에서와 같이 위치영역 및 링을 설정한다.

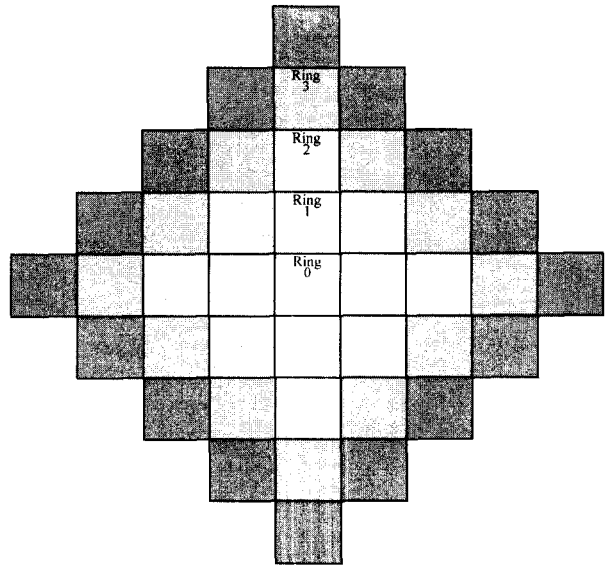


그림 3. 새로운 위치영역 및 링($d=5$).

이와 같이 SP 영역을 바꿀 경우, 페이징 부하가 얼마나 감소하는지 분석해 보자. 사각형 셀 환경에서, 이동국은 셀에서 얼마 동안 머물다가 인접한 셀 중 하나로 이동하게 된다. 기존 연구에서와 마찬가지로 어느 셀로 이동할지에 대한 확률은 4개의 인접 셀에 대하여 각각 1/4로 동일하다고 가정한다. <그림 3>

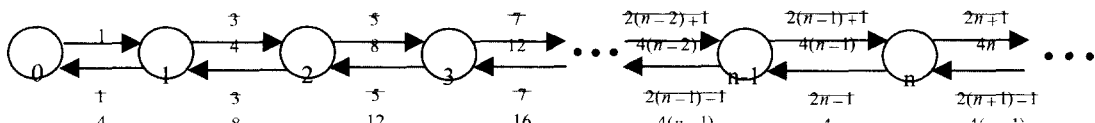


그림 4. 상태 전이도.

의 경우, 링 $i+1$ 의 모든 셀들은 링 i 에서 한 번의 이동만으로도 달가능하므로, 이동국의 이동성을 <그림 4>와 같이 하나의 barrier state(상태 0)를 갖는 1-D random walk model로 모형화할 수 있다. <그림 4>의 상태전이도에서 상태 i 는 이동국이 링 i 에 있음을 나타낸다. 이 경우, K 번의 이동 후 링 K 의 모든 셀에 도착할 수가 있다. K 번 이동시 위치등록이 일어날 경우 <그림 4>의 1-D random walk model을 상태 0부터 $K-1$ 은 transient state이고 상태 K 는 absorbing state인 모형으로 수정할 수가 있다. 이러한 경우에 대한 $(K+1) \times (K+1)$ 전이행렬은 다음과 같다.

$$P^{(K)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{4} & 0 & \frac{3}{4} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{8} & 0 & \frac{5}{8} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{5}{12} & 0 & \frac{7}{12} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{2(K-1)-1}{4(K-1)} & 0 & \frac{2(K-1)+1}{4(K-1)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{(K+1) \times (K+1)}$$

$P^{(K)}$ 내 $p_{ij}^{(K)}$ 는 이동국이 한 번의 이동으로 링 i 의 셀에서 링 j 로 이동할 확률이다. $n > 1$ 에 대하여, 다음을 정의하자.

$$P^n(K) = \begin{cases} P(K) & n = 1 \\ P(K) \times P^{n-1}(K) & n > 1 \end{cases}$$

$P^n(K)$ 내 $p_{ij}^n(K)$ 는 이동국이 n 번의 이동으로 링 i 의 셀에서 링 j 로 이동할 확률이다. 따라서 $\beta(k, K)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\beta(k, K) = p_{0,k}^K(K)$$

그러면 호 도착시 이동국이 링 i 에 있을 확률 π_i 는

$$\pi_i = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha(k) \beta(i, k \text{ mod } d)$$

가 되고 따라서 임의의 한 이동가입자의 호 도착간격 동안의 페이징 부하 C_V 는 다음과 같다.

$$C_V = V \sum_{k=0}^{\infty} \left[\sum_{r_i \in A_k} \pi_i \right] \left[\sum_{i=0}^k \sum_{r_m \in A_i} g(m) \right]$$

위에서 $g(m)$ 은 링 m 에 속하는 셀의 수로, 이 논문에서 제안하는 위치영역 및 링에 대해서는 다음과 같은 값을 갖는다.

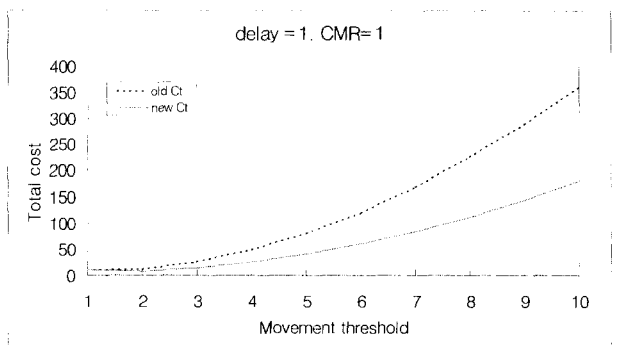
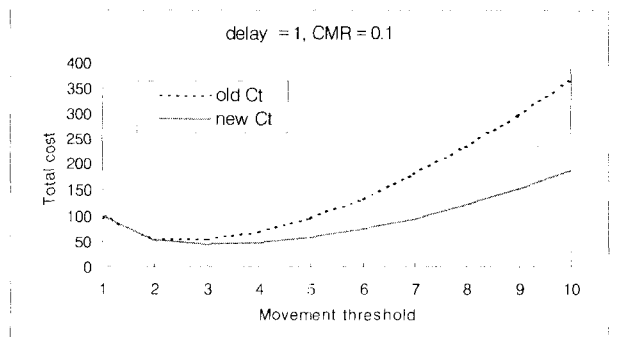
$$g(m) = 4m, \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

이 논문에서 제안하는 위치영역 및 링 구성에서도 위치등록 부하는 기존의 방법에서와 동일하며 페이징 부하만이 달라진다. 3장에서는 새로 제안한 페이징 영역을 기반으로 MMBR 방법을 제안하는데 이 경우에는 위치등록 부하와 페이징 부하가 모두 달라진다.

2.5 수리적 결과

위치영역과 링의 범위를 새로 설정한 효과를 살펴보자. 기존 방법과의 비교를 위하여 기존의 연구와 동일한 환경을 가정한다. 한 셀에서 머무는 시간은 평균이 $1/\lambda_m$ 인 지수분포를 따른다. 한 번의 위치등록 부하 U 와 한 셀에 대한 페이징 부하 V 는 각각 10과 1로 설정한다. 이동성과 호 도착특성의 변화에 따른 효과를 살펴보기 위해, 0.1, 1, 10의 3가지 CMR(call-to-mobility ratio)를 고려하자. CMR은 λ_c/λ_m 을 나타낸다. 이동국에 대한 착신호 도착은 도착률 λ_c 인 포아송 분포를 가정한다.

λ_c 의 변화에 따른 C_T 값의 변화를 <그림 5>에 표시하였다. 기존의 총 신호 트래픽 부하는 old C_T 로, 제안하는 방법에서의 총 신호 트래픽은 new C_T 로 표시하였다. 어떠한 경우에도, 이 논문에서 제안한 위치영역 및 링 구조가 기존 방법에 비하여 우수함을 알 수 있다. 따라서 이동통신 서비스 지역을 사각형 셀 환경으로 모형화할 경우, 최적의 신호 트래픽을 얻기 위해서는 제안된 방법에 따라 위치영역 및 페이징 영역을 설정하는 것이 바람직하다.



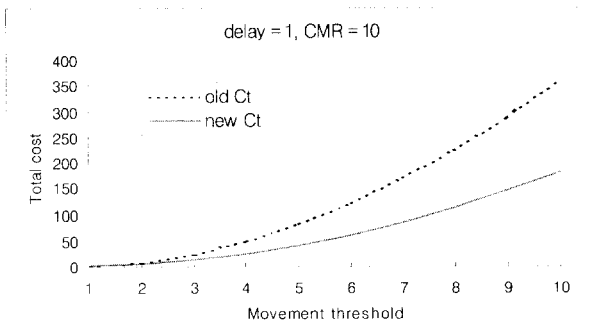


그림 5-1. 무선 채널에서의 신호 트래픽(delay=1).

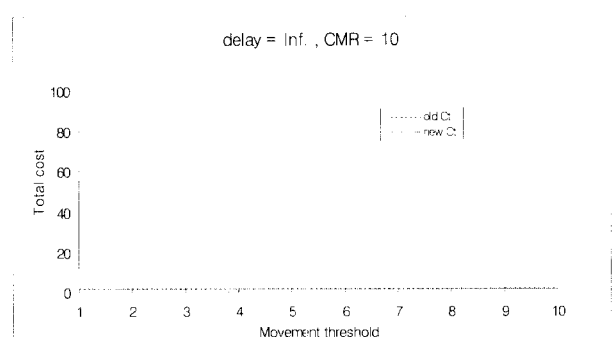
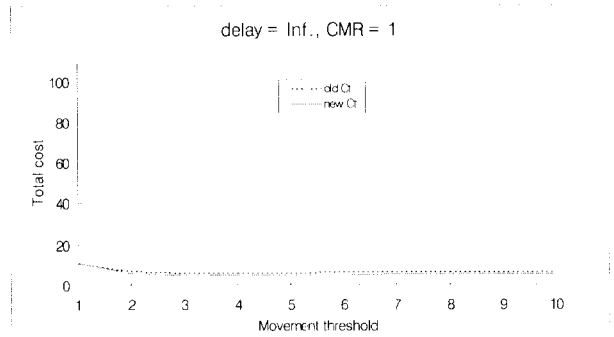
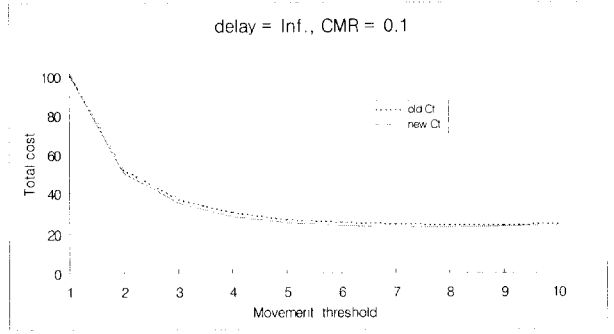


그림 5-3. 무선채널에서의 신호 트래픽(delay=∞).

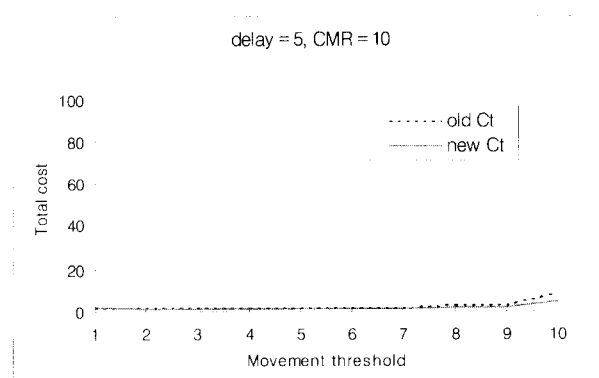
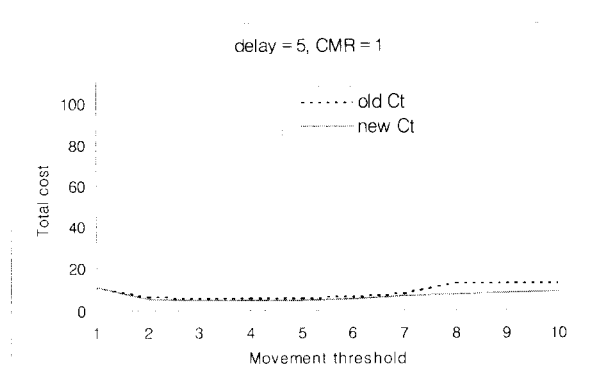
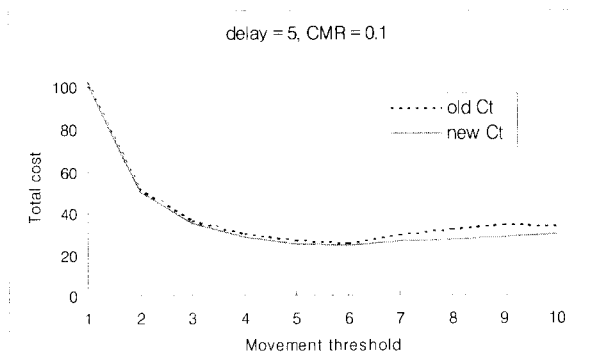


그림 5-2. 무선 채널에서의 신호 트래픽(delay=5).

3. 수정된 이동기준 위치등록(MMBR)

3.1 MBR의 개선방향

기존의 MBR에서는, 이동국이 동일한 셀에 여러 번 방문하여 d 개의 셀을 통과할 경우에도 위치등록이 수행된다. 예를 들어, <그림 6>에 나타낸 이동경로를 살펴보자. $d=4$ 이고 마지막 위치등록이 A에서 수행되었다고 하자. 이동국이 이동경로, $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 를 따라 이동할 경우, 기존의 방법에서는 이동국이 A로 다시 진입할 때 위치등록이 수행된다. 이는, 이전에 통과한 셀(B,A)에 재진입할 경우에도 계수기 값을 증가시키기 때문이다. 이와 같이, 기존의 방법에서는 이동국이 인접한 두 셀의 경계를 왔다 갔다 하며 이동임계치에 도달하는 경우 불필요한 위치등록이 발생하게 된다.

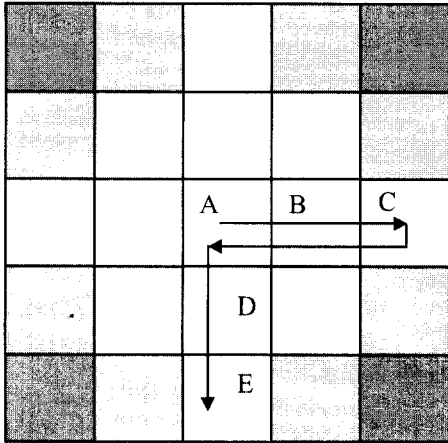


그림 6. MS의 이동경로 예.

이 연구에서는 이러한 불필요한 위치등록을 방지하기 위하여, 이전에 통과한 셀에 대한 정보를 유지하여 이전에 통과한 셀에 재진입할 경우에는 계수기 값을 증가시키지 않는 수정된 이동기준 위치등록(MMBR, Modified MBR) 방법을 도입하고자 한다. 이전에 통과한 셀에 대한 정보를 유지하기 위하여, 진입한 셀의 수를 나타내는 계수기와 함께, 진입한 셀의 ID를 일정 개수까지 저장할 수 있는 셀 ID 저장장치를 사용한다. 즉, 이동국이 다른 셀로 진입할 때 진입한 셀의 ID가 이미 저장되어 있는 셀의 ID인가를 판단한 후, 새로운 셀일 경우에는 해당 셀의 ID를 이동국에 저장하고 계수기를 증가시킨다. 만약 이미 ID가 저장되어 있는 셀일 경우에는 계수기를 증가시키지 않고 저장된 셀의 순서만을 재배열한다.

MMBR의 위치등록 절차를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 이동국에 전원을 공급하면 전원공급에 의한 위치등록(power-on registration)을 수행한다. 이동국은 해당 셀의 ID를 셀 ID 저장장치에 저장시키고 계수기 값을 0으로 초기화한다.
- ② 이동국이 인접 셀로 진입할 때 해당 셀의 ID와 이동국에 기억되어 있는 셀의 ID를 비교한다.
- ③ ②에서 비교한 결과 이동국에 기억되지 않은 새로운 셀일 경우에는 해당 셀의 ID를 셀 ID 저장장치에 저장시키고 계수기 값을 1만큼 증가시킨 후, ④로 간다.
- ④ 계수기의 값이 이동임계치에 도달한 경우에는 위치등록을 수행한다.
- ⑤ 계수기의 값이 이동임계치보다 작은 경우에는 위치등록을 수행하지 않는다.
- ⑥ ②에서 비교한 결과 이동국에 기억되어 있는 셀일 경우에는 셀 ID 저장장치에 저장된 셀의 순서를 재배열하고 계수기는 변함없다.

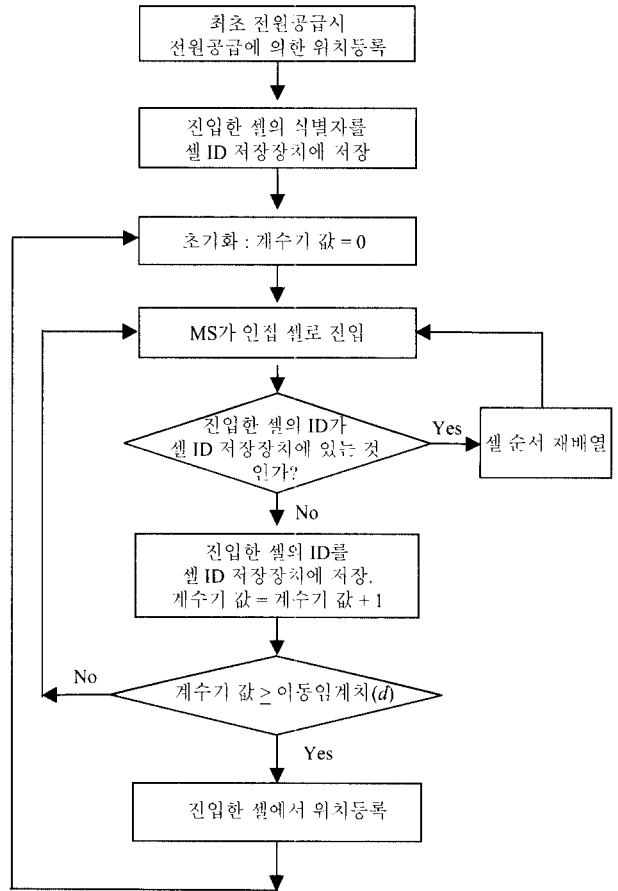


그림 7. MMBR의 순서도.

위 절차 ⑥에 보면, 셀 순서의 재배열을 통하여 셀의 진입 순서에 대한 정보를 유지하는 과정이 포함되어 있는데, 이는 셀 ID 저장장치에 저장된 K개의 셀들이 항상 가장 최근에 통과한 셀들을 표시할 수 있도록 해준다.

저장가능한 셀의 수에 해당하는 셀 ID 저장장치 내 버퍼(buffer) K의 크기로는 두 가지 경우를 고려하자. 첫번째 경우는 이동임계치 d 와 동일한 경우이고 두 번째 경우는 1인 경우이다. 저장가능한 셀의 수가 2, 3, ..., $d-1$ 인 경우의 성능특성은 이 두 가지 경우로부터 추론할 수 있을 것이다.

셀 순서의 재배열 과정을 간단히 설명하면 다음과 같다. 새로운 셀에 진입하면 셀 ID를 버퍼의 마지막 항에 저장한다. 버퍼 K에 이미 존재하는 셀로 진입하였을 경우에는, 그 셀 ID의 위치를 마지막 항으로 옮기고 원래 위치 뒤쪽의 항은 앞으로 한 칸씩 이동시킨다. 예를 들어, $K = (X, A, B, C)$ 인 상태에서 B로 재진입했다면, $K = (X, A, C, B)$ 가 된다. <그림 6>의 예에서는 셀 E에 진입하면 계수기 값이 4가 되어 위치등록을 수행하며 이때 $K = (B, A, D, E)$ 의 셀 ID를 유지한다.

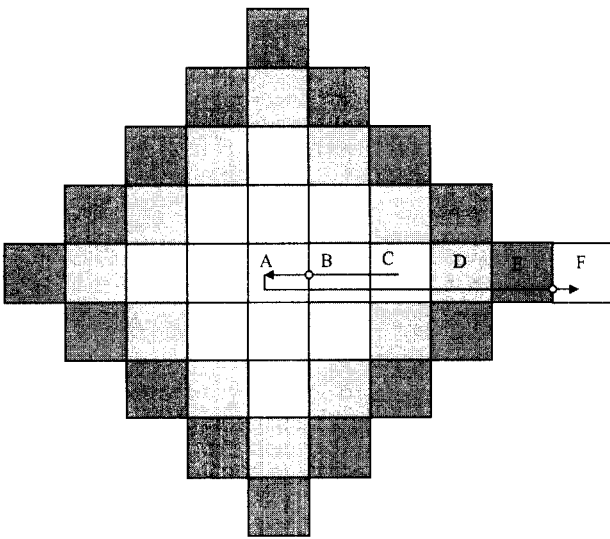
이상의 과정을 순서도로 나타내면 <그림 7>과 같다. <그림 6>의 예에서도 알 수 있듯이, 일반적으로 MMBR에서는 위치등록 횟수가 감소하므로 위치등록 부하를 줄일 수 있다.

MMBR을 이용할 경우 $d=K=3$ 일 때의 위치등록 부하 C_U 는 다음과 같으며 일반적인 경우에도 유사한 식을 쉽게 얻을 수 있다. 아래식에서 M 은 마지막 위치등록 후 다른 셀로 진입한 횟수를 나타내는 확률변수이며 N 은 그 중에서 셀 ID 저장장치에 없는 새로운 셀로 진입한 횟수를 나타내는 확률변수이다. 아래식의 $P(N=n|M=m)$ 은 계산이 복잡하므로, 시뮬레이션을 이용하여 값을 구하였다.

$$C_U = U(\alpha(3) \times P[N=3|M=3] + \alpha(4) \times P[N=3,4|M=4] + \alpha(5) \times P[N=3,4,5|M=5] + \alpha(6) \times [P[N=3,4,5|M=6] + 2P[N=6|M=6]] + \alpha(7) \times [P[N=3,4,5|M=7] + 2P[N=6,7|M=7]] + \alpha(8) \times [P[N=3,4,5|M=8] + 2P[N=6,7,8|M=8]] + \alpha(9) \times [P[N=3,4,5|M=9] + 2P[N=6,7,8|M=9] + 3P[N=9|M=9]] + \dots)$$

3.2 MMBR의 페이징 영역

MBR과 MMBR의 성능을 비교하기 위해서는 위치등록 부하와 아울러 페이징 부하를 살펴 보아야 한다.



○: 위치등록 발생지점

그림 8. MMBR의 페이징 영역($d=K=3$).

MMBR의 페이징 영역은 MBR에서 이동임계치가 $d+K-1$ 인 경우와 같다. $d=K=3$ 인 경우에 대하여 MMBR의 페이징 영역을 <그림 8>에 나타내었다. MMBR의 페이징 영역이 MBR에 비하여 넓은 이유를 살펴보자. <그림 8>에서 이동국이 D→C→B를 거쳐 A에서 위치등록이 일어났을 경우, 이동국이 이미 지나온 셀들(B,C)로 다시 이동할 경우가 발생할 수 있다. 확률은 매우 적지만 이런 경우가 발생할 수 있기 때문에 총 트래픽

부하를 비교하기 위해서는 이러한 경우까지 고려해야만 한다. A에서 위치등록을 한 경우, $K=(C,B,A)$ 가 되어 링 2, 링 1, 링 0에 존재하는 셀의 ID를 저장하고 있다. 만약 이동국이 A→B→C→D→E→F의 경로를 따라 이동한다면 링 5에서 비로소 위치등록이 발생할 수 있다. 이와 같은 이유로, 이동임계치 $d=K=3$ 인 MMBR에서의 페이징 영역은 이동임계치가 $d+K-1=5$ 인 MBR의 페이징 영역과 같게 된다.

그러나 링 4 또는 링 3에 이동국이 위치할 확률은 매우 작을 것이므로 페이징 부하는 MBR에 비하여 약간만 증가할 것이다.

3.3 수리적 결과

기존 방법과의 비교를 위하여 기존의 연구와 동일한 환경을 가정한다. 한 셀에서 머무는 시간은 평균이 $1/\lambda_m$ 인 지수분포를 따른다. 한 번의 위치등록 부하 U 와 한 셀에 대한 페이징 부하 V 는 각각 10과 1로 설정한다. 이동성과 호 도착특성을 나타내는 CMR(call-to-mobility ratio) 값은 0.1을 고려하자. CMR은 λ_c/λ_m 를 나타낸다. 이동국에 대한 착신호 도착은 도착률 λ_c 인 포아송 분포를 가정한다.

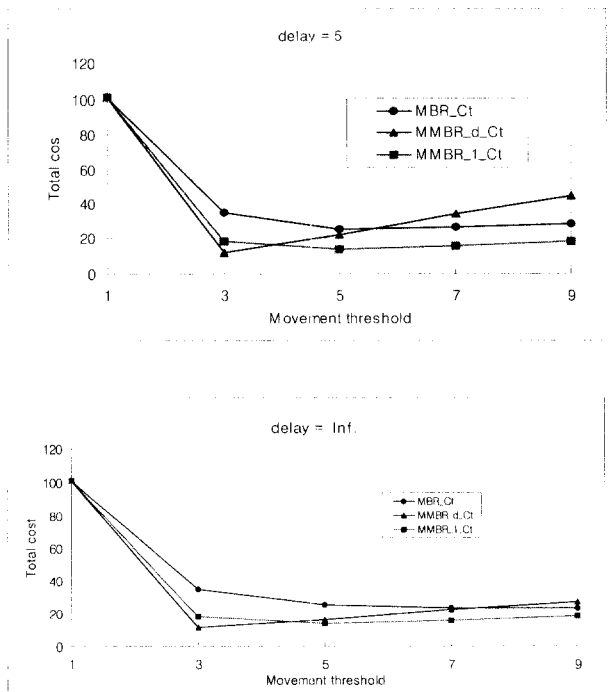


그림 9. MBR과 MMBR의 총 트래픽 비교.

<그림 9>는 MBR과 MMBR에 대한 무선채널에서의 신호 트래픽을 보여준다. 그림에서 total cost는 임의의 한 이동가입자의 호 도착간격 동안의 위치등록 및 페이징 부하에 따른 총 부하를 나타낸다. 2장에서 제안한 페이징 영역을 사용하는 MBR의 총 부하는 MBR_Ct로 표시하였고, MMBR의 총 부하는

MMBR_{C_T}로 표시하였다. 즉, MMBR_d_{C_T}는 K=d인 경우이고 MMBR₁_{C_T}는 K=1인 경우를 나타낸다. <그림 9>에서 알 수 있듯이, 특히 허용되는 지연값이 크고 이동임계치가 작은 경우, MMBR의 신호 트래픽이 MBR에 비하여 적게 나타나며 특히 이러한 경향은 K가 클 경우 더 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 그러나 지연값에 제한이 없는 경우일지라도 이동임계치가 증가함에 따라 K=d인 MMBR의 total cost가 점차 증가하여 이동임계치가 7 이하일 때까지 K=d인 MMBR이 MBR보다 우수하게 나타남을 알 수 있다. 반면에 K=1인 MMBR은 이동 임계치가 7을 초과할 경우에도 여전히 MBR보다 우수함을 알 수 있다. 또한 허용되는 지연값이 5인 경우에는, 이동임계치가 5 이하일 때까지 K=d인 MMBR이 MBR보다 우수하게 나타남을 알 수 있다. 반면에 K=1인 MMBR은 이동임계치가 5를 초과할 경우에도 여전히 MBR보다 우수함을 알 수 있다. 그림에서 이동임계치가 작은 경우 (예를 들어 d=3인 경우) MMBR_d_{C_T}가 MMBR₁_{C_T}보다 작은 이유는 K가 클 경우 위치등록 부하의 감소분이 페이징 부하의 증가분보다 두드러지기 때문이다. 반면에 이동임계치가 큰 경우 (예를 들어 d=7인 경우) MMBR_d_{C_T}가 MMBR₁_{C_T}보다 큰 이유는 K가 클 경우 페이징 부하의 증가분이 위치등록 부하의 감소분보다 두드러지기 때문이다.

일반적으로, 허용되는 지연값이 크고 이동임계치가 작은 경우, MMBR의 신호 트래픽이 MBR에 비하여 작게 나타나며 특히 이러한 경향은 K가 클 경우 더 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 그러나 이동임계치가 커짐에 따라 K=d인 MMBR의 신호 트래픽은 MBR에 비하여 큰 값을 가질 수도 있는 반면 K=1인 MMBR의 신호 트래픽은 여전히 MBR에 비하여 작은 값을 갖는다. 따라서 시스템 환경에 따라 total cost를 최소로 해주는 최적의 K를 구하여 MMBR을 구현한다면 우수한 성능을 얻을 수 있을 것이다.

4. 결론

이 연구에서는 MBR 및 SP 방법을 고려하였다. 이동국이 일정 개수 이상의 셀을 통과하면 위치등록을 수행하는 MBR은, 단순히 이동국이 몇 개의 셀을 통과하는지에 대한 정보만 유지하면 되므로 구현하기가 간단하다. 또한 전체 페이징 영역을 몇 단계에 걸쳐 페이징하는 SP 방법은 페이징 부하를 상당히 감소시킨다.

이 연구에서는 먼저 사각형 셀 환경을 가정하여 새로운 페이징 영역을 제시하고 이 경우 무선채널에서의 신호 트래픽 관점에서 기존의 방법에 비하여 우수함을 보였다. 수리적 결과를 통하여 모든 경우에 이 논문에서 제안한 페이징 영역을 채택할 경우 기존 방법에 비하여 우수함을 알 수 있었다. 또한

이 연구에서는 이동국이 이미 통과한 셀들의 ID를 저장하고 있다가, 진입한 셀이 이동국에 이미 저장된 셀들과는 다른, 새로운 셀일 때에만 계수기 값을 증가시키는 MMBR 방법을 제안하고 성능을 분석하였다. 일반적으로, 허용되는 지연값이 크고 이동임계치가 작은 경우, MMBR의 신호 트래픽이 MBR에 비하여 작게 나타나며 특히 이러한 경향은 저장가능한 셀의 수 K가 클 경우 더 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 따라서 시스템 환경에 따라 total cost를 최소로 해주는 최적의 K를 구하여 MMBR을 구현한다면 우수한 성능을 얻을 수 있을 것이다.

이 연구의 결과는 시스템의 운용환경에 따라 적절한 위치등록 방법을 선택, 운용하는 데 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김광식, 조무호, 한영남, 조경록, 한기철 (1995), CMS에서의 위치등록 방식, *통신학회 하계학회 논문집*, 57-60.
- 김광식, 한영남 (1994), 최적 위치영역 설정에 관한 연구, *JCCI94*, 641-644.
- 백장현, 이창훈 (1997), 위치등록 방법의 성능분석: 영역기준 위치등록과 거리기준 위치등록, *대한산업공학회지*, 23(2), 385-401.
- 백장현, 조기성, 손창수 (1995), 거리기준에 의한 위치등록 방식의 분석, *통신학회 하계학회 논문집*, 44-48.
- 장희선, 임석구, 박상택, 유제훈 (1994), 개인휴대통신 환경에서의 최적 위치영역을 고려한 위치등록 처리용량 분석: 무선 신호 트래픽 최소화 방법, *한국통신학회 추계학회 논문집*, 549-552.
- Akyildiz, I. F., Ho, J. S. M. and Lin, Y. B. (1996), Movement-based location update and selective paging for PCS networks, *IEEE/ACM Tr. on Networking*, 4(4), 629-638, Aug.
- Colombo, C. et al. (1993), Mobility control load in future personal communication networks, *Proc. IEEE 1993 Int. Conf. on Universal Personal Communications*, 113-117.
- EIA/TIA/IS-95 (1993), MS-BS Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System, July.
- Ho, J. S. M. and Akyildiz, I. F. (1995), Mobile user location update and paging under delay constraints, *ACM-Baltzer J. Wireless Networks*, 1(4), 413-425, Dec.
- Ito, S. (1994), Proposal for personal communication network architecture and location registration method, *Proc. IEEE 1994 Int. Conf. on Universal Personal Communications*, 354-358.
- Meier-Hellstern, K. S. and Alonso, E. (1992), The use of SS7 and GSM to support high density personal communications, *Proc. 1992 Int. Conf. on Communications*, 1698-1702.
- Okasaka, S., Onoe, S., Yasuda, S. and Maehara, A. (1991), A new location updating method for digital cellular systems, *Proc. IEEE 1991 Vehicular Technology Conf.*, 345-350.
- Xie, H., Tabbane, S. and Goodman, D. J. (1993), Dynamic location area management and performance analysis, *Proc. IEEE 1993 Vehicular Technology Conf.*, 536-539.