

PCS망에서 이동기준 위치등록 및 선택적 페이징 방법의 성능

백장현* · 류병한** · 임순용**

*전북대학교 · **전자통신연구원

Performance of Movement-based Registration and Selective Paging in PCS Network

Jang-Hyun Baek* · Byung-Han Ryu** · Soon-Yong Lim**

Chonbuk National University · Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : jbaek@moak.chonbuk.ac.kr

요 약

PCS망에서는 가입자의 이동성으로 인하여 가입자가 휴대하고 있는 MS(Mobile Station)의 위치가 계속적으로 변하므로, 착신호 연결을 위해 시스템에서는 가입자의 위치에 대한 정보를 관리해야만 한다. 위치등록(location registration)이란, 가입자의 위치정보가 변하는 경우 시스템의 데이터베이스에 있는 가입자의 위치정보를 갱신해 주는 일련의 과정을 말한다. 본 연구에서는, MS가 일정 갯수 이상의 셀을 통과하면 위치등록을 수행하는 이동기준 위치등록(movement-based registration, MBR) 방법을 고려한다. 또한 전체 페이징 영역을 몇 단계에 걸쳐 페이징할 수 있는 선택적 페이징(selective paging) 방법을 고려한다. 본 연구에서는, 사각형 셀 환경을 가정하여, 기존의 방법과는 다른 페이징 영역을 제시하고 이 경우 무선 채널에서의 신호 트래픽 관점에서 기존의 방법에 비하여 우수함을 보이고자 한다.

I. 서 론

시간과 공간에 구애됨이 없이 통신할 수 있는 이동통신의 편리성으로 인하여 최근 몇 년간 이동 가입자의 수는 폭발적으로 증가하고 있다. 한정된 무선대역폭으로 많은 가입자에게 이동통신 서비스를 제공하기 위해서는 무선대역폭의 효율을 높여야 하며 이를 위해 셀은 점점 소형화되고 있는 추세이다. PCS망은 셀의 소형화, 높은 사용자 밀도, 높은 이동성 및 광역 로밍(roaming)을 특징으로 하고 있기 때문에 상당한 양의 위치등록을 요구할 수 있으며, 따라서 이동단말기의 위치를 효율적으로 추적할 수 있는 위치등록 방법이 모색되어야 한다. 본 연구에서는 이동기준 위치등록(movement-based registration, MBR)을 고려한다. 이 방법에서는 MS가 미리 정해진 값, d 개 이상의 셀을 통과하면 위치등록을 수행한다. 착신호(incoming call)가 도착하면, 망에서는 MS가 마지막으로 위치등록한 셀에서 d 이내의 셀들에 페이징한다. 이 때 페이징의 지연(delay)이 허용되는 한도내에서, 페이징 과정을 여러 단계로 나누어 수행하여 페이징 부하를 줄일 수가 있다. 즉, 현 단계에서 MS가 발견되면 나머지 단계를 수행하지 않고 페이징을 종료하게 된다. 이러한 페이징 방법을 선택적 페이징(selective paging, SP)이라 한다[1].

본 연구에서는 이동기준 위치등록과 선택적 페이징에 대한 성능을 분석하고자 한다. 선택적 페이징하에서 페이징 영역을 적절히 선택함으로써, 기존 방법에 비하여 무선채널에서의 부하가 상당히 감소함을 보이고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 이동기준 위치등록 방법을 소개하고 기존의 연구결과를 간단히 기술한다. 3장에서는 제안하는 선택적 페이징 영역에 대하여 수리적 모델을 기술한다. 4장에서는 제안하는 방법의 성능을 기존 방법의 성능과 비교한 결과를 제시하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 이동기준 위치등록 및 선택적 페이징

이동기준 위치등록에서는, MS가 d 개 이상의 셀을 통과하면 위치등록을 수행한다. 이동기준 위치등록을 채택할 경우의 성능을 분석하기 위하여 그림 1과 같이 PCS망이 동일한 크기의 사각형 셀로 구성된다고 가정하자. MS가 셀을 방문하면, 일반분포를 따르는 체류시간(residence time)을 머문 후 다음 셀로 이동한다. 셀에서의 체류시간에 대한 평균은 $\frac{1}{\lambda_m}$ 이라 하자. 특정 셀에서 어느 셀로 이동할지에 대한 확률은 인접 셀에 대하여 모두 동일하게 1/4로 가정하자. 그림 1에서 보듯

이, 위치영역은 d 개의 링(링 0, 링 1, ..., 링 $d-1$)으로 구성된다. $r_i (i \geq 0)$ 를 i 번째 링에 속하는 셀들의 집합이라 하자. r_i 에 속하는 셀의 수를 $g(i)$ 라 하면 $g(i)$ 는 다음과 같다.

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

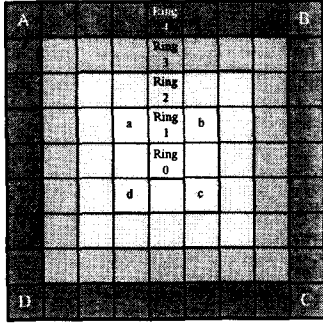


그림 1. 사각형 셀 환경에서 위치영역 및 링($d=5$)

각 이동가입자에 대한 착신호 도착률은 도착률 λ_c 인 포아송 분포를 따른다고 하자. 망에서는 착신호를 연결시켜 주기 위해서 페이징을 수행하게 되는데, 본 연구에서는 페이징 지연이 허용하는 한도내에서 페이징 과정을 여러 단계로 나누어 수행하는 선택적 페이징을 고려한다. 페이징 지연은, 페이징 회수 η 로 정의하자. $\eta=1$ 이면, 페이징이 한 번만 허용되므로, 중심 셀을 기준으로 링 $d-1$ 까지 모두 한 번에 페이징 한다. 착신호 연결까지 두 번의 페이징이 가능하므로, 전체 페이징 영역을 둘로 나누어 페이징을 수행한다. 한 쪽에 먼저 페이징하여 응답이 있으면 그 단계에서 페이징을 끝내고 응답이 없는 경우에만 나머지 영역에 페이징한다. η 값에 따라 전체 페이징 영역을 나누는 방법은 여러 가지가 가능하나, 본 논문에서는 중앙 셀에서 가까운 영역을 먼저 페이징하는 방법을 고려한다[2]. 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 s_j 번째 링부터 e_j 번째 링까지로 구성된다. 단, s_0 는 0이다.

$$s_j = \lfloor \frac{d \times j}{\eta} \rfloor \quad j \geq 1$$

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

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

이동기준 위치등록에 대한 기존의 분석방법[1]을 살펴보자. 무선채널에서의 위치등록과 페이징 부하를 구하기 위해서는 다음과 같은 값들이 필요하다.

$\alpha(K)$: 호 도착간격시간 동안 MS가 K 개의 셀을 통과하는 확률

$\beta(k, K)$: K 개의 셀을 통과한 MS가 중앙 셀에서

k 번째 링에 있을 확률

호 도착률이 도착률 λ_c 인 포아송 분포를 따르고, 셀에서의 체류시간의 확률밀도함수가 라플라스

변환 $f'_m(s)$ 를 가지며 평균은 $\frac{1}{\lambda_m}$ 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.

$$\beta(k, K) = \frac{1}{2^K} \sum_{M=0}^K \binom{K}{M}$$

$$\left\{ 2 \sum_{m=0}^{\min(k-1, M)} \Pr[m|M] \Pr[k|K-M] + \Pr[k|M] \Pr[k|K-M] \right\}$$

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

$$\theta(m, M) =$$

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

그러면, 호가 도착했을 때 MS가 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 호 도착간격동안, MS가 k 번 셀의 경계를 지날 확률이다. 따라서 호 도착간격동안의 페이징 부하 C_v 는

$$C_v = V \sum_{k=0}^{i-1} \rho_k w_k$$

$$= V \sum_{k=0}^{i-1} \left[\sum_{r \in A_k} \pi_r \right] \left[\sum_{i=0}^k N(A_i) \right]$$

$$= V \sum_{k=0}^{i-1} \left[\sum_{r \in A_k} \pi_r \right] \left[\sum_{i=0}^k \sum_{r_n \in A_i} g(m) \right]$$

단,

V : 한 셀에 대한 페이징 부하

ρ_k : 호 도착시 MS가 subarea A_k 에 있을 확률

w_k : MS가 A_k 에 있을 때, 성공적으로 페이징할

때까지의 페이지징되는 셀 수
 $N(A_i)$: subarea A_i 의 셀 수
 $g(m)$: 링 m 의 셀 수
 (= $8m$, $m=1, 2, 3, \dots$, 사각형 셀 환경인 경우)
 l : subarea의 수
 (= $\min(\eta, d)$, η 는 허용가능한 지연의 최대값)
 r_m : 링 m

그런데, 기존의 연구에서는 사각형 셀 환경에서 MS가 존재하는 영역에 대한 설정이 부적절하여 불필요한 신호 트래픽이 발생하는 문제점이 있다. 다음 장에서 MS의 존재가능 영역인 위치영역을 새로이 제안하고 그 효과를 살펴보기로 하자.

III. 새로운 선택적 페이지징 영역 및 성능

그림 1에서, 모서리에 위치한 상당수의 셀들은, 마지막 위치등록후 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 한 번의 이동으로는 링 0에서 셀 a, b, c, d에 도달할 수가 없다. 이러한 현상은, 무선 채널에서의 신호 트래픽 관점에서 볼 때 위치영역 및 링을 부적절하게 설정했기 때문이다. 본 연구에서는 불필요한 페이지징 부하를 줄이기 위하여 그림 2에서와 같이 위치영역 및 링을 설정한다.

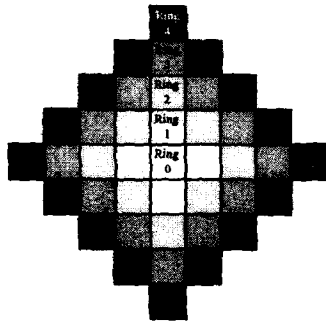


그림 2. 제안하는 위치영역 및 링($d=5$)

이와 같이 선택적 페이지징 영역을 바꿀 경우, 페이지징 부하가 얼마나 감소하는지 분석해 보자. 사각형 셀 환경에서, MS는 셀에서 얼마동안 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 2의 경우, 링 $i+1$ 의 모든 셀들은 링 i 에서 한 번의 이동만으로 도달가능하므로, MS의 이동성을 그림 3과 같이 하나의 barrier state를 갖는 1-D random walk model로 모형화할 수 있다. 그림 3의 상태전이도에서 상태 i 는 MS가 링 i 에 있음을 나타낸다. 이 경우, K 번

의 이동후 링 K 의 모든 셀에 도착할 수가 있다. K 번 이동시 위치등록이 일어날 경우 그림 3의 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.

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

$P(K)$ 내 $p_{ij}(K)$ 는 MS가 한 번의 이동으로 링 i 의 셀에서 링 $i+1$ 로 이동할 확률이다. $n \geq 1$ 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 MS가 n 번의 이동으로 링 i 의 셀에서 링 $i+1$ 로 이동할 확률이다. 따라서 $\beta(k, K)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\beta(k, K) = p_{i,i+1}^k(K)$$

그러면 호 도착시 MS가 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 호 도착간격 동안의 페이지징 부하 C_p 는 다음과 같다.

$$C_p = V \sum_{k=0}^{l-1} \left[\sum_{r \in A_k} \pi_r \right] \left[\sum_{i=0}^l \sum_{r_m \in A_i} g(m) \right]$$

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

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

최종적으로, 호 도착간격 동안의 위치등록 및 페이지징 부하에 따른 총 부하를 구할 수 있다.

$$C_T = C_u + C_p$$

본 논문에서 제안하는 위치영역 및 링 구성에서도 위치등록 부하 C_u 는 기존의 방법에서와 동일하며 페이지징 부하만이 달라진다는 점에 유의하라.

IV. 수리적 결과

위치영역과 링의 범위를 새로 설정한 효과를 살펴보자. 기존 방법과의 비교를 위하여 기존의

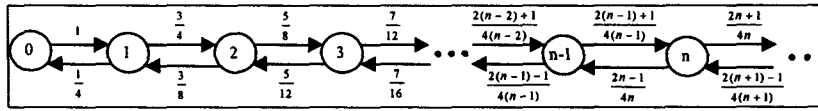


그림 3. 상태전이도

연구와 동일한 환경을 가정한다. 한 셀에서 머무는 시간은 평균이 $\frac{1}{\lambda_m}$ 인 지수분포를 따른다. 한 번의 위치등록 부하 U 와 한 셀에 대한 페이징 부하 V 는 각각 10과 1로 설정한다. 이동성과 호 도착 특성의 변화에 따른 효과를 살펴보기 위해, 0.1, 1, 10의 3가지 CMR(call-to-mobility ratio)를 고려하자. CMR은 $\frac{\lambda_c}{\lambda_m}$ 을 나타낸다. MS에 대한 착신호 도착은 도착률 λ_c 인 포아송 분포를 가정한다.

d 의 변화에 따른 C_T 값의 변화를 그림 4에 표시하였다. 어떠한 경우에도, 본 논문에서 제안한 위치영역 및 링 구조가 기존 방법에 비하여 우수함을 알 수 있다. 따라서 PCS 서비스 지역을 사각형 셀 환경으로 모형화할 경우, 최적의 신호 트래픽을 얻기 위해서는 제안된 방법에 따라 위치영역 및 페이징 영역을 설정해야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는, 이동기준 위치등록 및 선택적 페이징 방법을 고려하였다. 사각형 셀 환경을 가정하여, 기존의 방법과는 다른 페이징 영역을 제시하고 이 경우 무선 채널에서의 신호 트래픽 관점에서 기존의 방법과 성능을 비교하였다. 수리적 결과를 통하여 모든 경우에 본 논문에서 제안한 위치영역 및 링 구조가 기존 방법에 비하여 우수함을 알 수 있었다. 따라서 PCS 서비스 지역을 사각형 셀 환경으로 모형화할 경우, 최적의 신호 트래픽을 얻기 위해서는 제안된 방법에 따라 위치영역 및 페이징 영역을 설정해야 할 것이다.

VI. 참고문헌

[1] I. F. Akyildiz, J. S. M. Ho, and Y. B. Lin, "Movement-Based Location Update and Selective Paging for PCS Networks," *IEEE/ACM Tr. on Networking*, vol. 4, no. 4,

pp. 629-638, Aug. 1996.
 [2] J. S. M. Ho and I. F. Akyildiz, "Mobile user location update and paging under delay constraints," *ACM-Baltzer J. Wireless Networks*, vol. 1, no. 4, pp. 413-425, Dec. 1995.

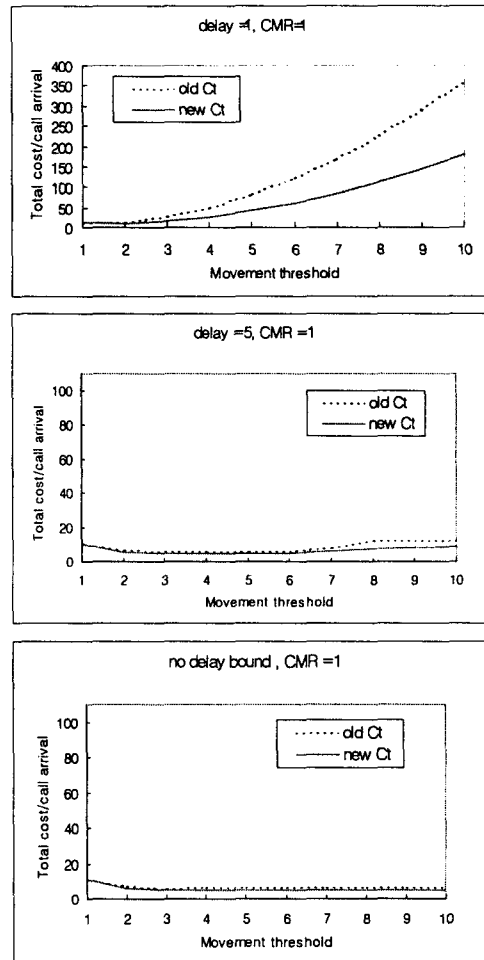


그림 4. 무선채널에서의 신호 트래픽 비교