

개인휴대 통신 환경에서 다중영역 위치등록 방식의 성능분석

백장현*, 이창훈**

한국전자통신연구소*, 서울대학교**

요약

위치등록(location registration)이란, 개인휴대 통신망에서 가입자의 위치정보가 변하는 경우 데이터베이스에 있는 가입자의 위치정보를 갱신해 주는 일련의 과정을 말한다. 착신호 접속을 위해서는 시스템이 MS(Mobile Station)의 현재 위치를 알고 있어야 하므로, MS의 위치를 시스템의 데이터 베이스에 저장하는 위치등록 과정이 필요하다. 본 연구에서는 위치등록 방법 중 핵심적 요소인 영역기준 위치등록(zone-based registration) 방법을 다중영역 위치등록 방식으로 구현할 경우의 성능을 분석하였다. 먼저 단일영역 위치등록 방식을 해석하기 위한 이동성 모형을 구축하고 이를 기초로 하여 다중영역 위치등록 방식에 대한 성능분석을 위한 환경을 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과를 이용하여 라디오 채널에서의 부하를 최소로 하는 다중영역의 수 N 을 구하였다. 개인휴대 통신망의 환경에 따라 최적 N 의 값은 다소 차이가 있으나 대부분 2-3으로 나타나고 있다. 또한 다중영역 위치등록 방식은 단일영역 위치등록 방식에 비하여 라디오 채널에서의 부하를 10% 정도 감소시켜 주는 것으로 나타나고 있다. 본 연구 결과는 개인휴대 통신망에서 중요한 성능요소인 위치등록 처리용량을 향상시키고자 할 경우 효율적으로 이용될 수 있다.

1. 서론

개인휴대 통신망에서는 가입자의 이동성으로 인하여 가입자의 위치가 계속적으로 변하므로 호 접속을 위해서는 가입자의 위치정보를 다음과 같은 시스템 데이터 베이스에 저장, 관리해야만 한다.

- o HLR(Home Location Register) : 이동가입자의 현재 위치에 대한 정보와 인증, 부가서비스 등과 관련된 반영구적인 정보를 저장하고 있는 데이터베이스
- o VLR(Visitor Location Register) : 관할하고 있는 구역으로 들어온 가입자에 대한 정보를 일시적으로 저장하는 데이터베이스

위치등록(location registration)이란, 개인휴대 통신망에서 가입자의 위치정보가 변하는 경우 데이터베이스에 있는 가입자의 위치정보를 갱신해 주는 일련의 과정을 말한다. CDMA 방식의 개인휴대 통신에서는 영역기준 위치등록을 비롯한 9가지의 위치등록 방법이 가능하다[6]. 이 중 몇가지 위치등록 방법만을 이용하여

위치등록 기능을 효율적으로 수행하려면 위치등록 방법을 구현할 때 운용자가 시스템의 부하를 고려하여 파라미터를 변경하여 운용할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

여러가지 위치등록 방법에 대한 많은 연구결과가 발표되었다[3,7,11,13,14]. 거리기준 위치등록 방법에 대한 연구[3]나 시간기준 위치등록 방법에 대한 연구[7], 동적 위치영역 할당방법에 대한 연구[11,14]도 발표되어 있으나, 위치등록 방법에 대한 대부분의 연구가 영역기준 위치등록 방법을 다루고 있거나 또는 영역기준 위치등록 방법을 가정하고 있다[1,2,5,9,10].

본 연구는 이러한 영역기준 위치등록 방법을 대상으로 하여 영역기준 위치등록 방법을 다중영역 위치등록 방식으로 구현할 경우의 성능을 분석하고자 한다. 먼저 단일영역 위치등록 방식을 해석하기 위한 가입자의 이동성 모형을 살펴보고, 이를 기초로 하여 다중영역 위치등록 방식으로 운용할 경우 부가되는 트래픽을 시뮬레이션 수행 결과를 이용하여 분석하였다.

2절에서는 영역기준 위치등록 방법을 간단히 설명한 후 다중영역 위치등록 방식을 분석하기 위한 시뮬레이션 환경을 설명하였다. 3절에서는 시뮬레이션 결과를 이용하여 라디오 채널에서의 신호 트래픽을 최소로 하는 위치영역의 수를 구하였다.

2. 다중영역 위치등록 방식의 분석방법

먼저 영역기준 위치등록 방법을 간단히 살펴보고, 단일영역 위치등록 방식을 해석하기 위한 가입자의 이동성 모형을 설명한다. 그리고 이를 기초로 하여 다중영역 위치등록 방식을 분석하기 위한 시뮬레이션 환경을 설명한다.

2.1. 영역기준 위치등록 방법[6]

영역기준에 의한 위치등록 방법을 사용할 경우, MS는 MS 내부에 저장된 ZONE_LIST에 없는 새로운 영역으로 이동할 때마다 위치등록을 수행하여 ZONE_LISTs에 새로운 영역이 추가된다. 위치등록후, 그 영역을 제외하고 나머지 영역에 대하여 타이머가 작동한다. 그러나, 새로 위치등록된 영역은 타이머가 작동하지 않는다.

MS는 하나 이상의 영역에 등록할 수 있다. 즉, MS는 ZONE_LISTs에 적어도 N 개의 위치영역을 저장할 수 있다. 또한 MS는 ZONE_LISTs 위치영역별로 하나씩 타이머를 유지한다. 가능한 타이머 값은 최대 60분이다. ZONE_LISTs가 이미 N 개의 위치영역을 가지고 있는 상태에서 새로운 위치영역으로 이동하면, N 개의

위치영역중 타이머 값이 가장 큰 것을 삭제하고 새로운 위치영역을 추가한다.

예를 들어, N=3인 ZONE_LISTs에 A, B, C, 3개의 영역이 저장되어 있고 현재 MS는 A에 속해 있다고 하자. 또한 B의 타이머 값이 10분이고 C의 타이머 값이 5분이라 하자. A의 타이머는 작동하지 않는다. 이 상황에서 아래 2가지 경우를 생각해 보자.

- 1) 만약 새 위치영역 D로 진입하면, B를 삭제하고 D를 새로 추가한다. 또한 작동하지 않고 있는 A의 타이머를 작동시킨다.
- 2) 만약 B로 재진입하면, 등록하지 않는다. 이 경우 BS는 MS가 속한 영역을 알 수 없으므로, 착신호를 연결해 주기 위한 페이징(paging) 절차가 다소 복잡해질 수 있다.

N=1인 경우를 단일영역 위치등록 방식이라 하고 N≥2인 경우를 다중영역 위치등록 방식이라 한다. 다중영역 위치등록 방식에서는, 영역간 경계를 넘나들며 발생하는 다중 위치등록을 피할 수 있다. 또한 각 영역에 대한 타이머를 구동하여 타이머 종료후에는 해당 영역을 삭제함으로써, 오래된 영역에 대한 페이징을 피할 수 있다.

ZONE_LISTs에 있는 영역에 재진입할 경우, 위치등록을 수행하지 않으므로 시스템에서는 이를 알 수 없다. 따라서 페이징 방법이 중요한데, 본 연구에서는 가장 최근에 위치등록한 영역에 먼저 페이징한 후 응답이 없으면 나머지 모든 영역에 페이징한다고 가정한다.

2.2. 단일영역 위치등록 방식의 분석

일정 시간 동안 위치등록을 얼마나 하는지를 정량적으로 분석하기 위해서는 가입자의 이동성 모델링이 필요하다. 이동 가입자의 움직임을 있는 그대로 모델링하기는 사실상 불가능하므로 몇 가지 가정이 필요하다. 단일영역 위치등록 방식을 분석할 때 자주 이용되는 유체흐름 모형(fluid flow model)은 간단하면서도 좋은 결과를 제공하지만[1,2,5,9,10] 다중영역 위치등록 방식의 분석에는 응용할 수가 없다. 본 연구에서는 다중영역 위치등록 방식의 분석을 위한 시뮬레이션 상황으로 확장할 수 있는 [3,11]의 모형을 변형하여 적용하였다. 이 모형에서는 위치영역을 정사각형으로 가정하고 가입자는 전후좌우 네 방향으로만 이동한다고 가정한다. 도시계획에 의해 형성된 시가지에서 도로의 형태를 고려한다면 이러한 가정이 타당성을 가질 수 있다. 이 경우 가정사항은 다음과 같다.

- o 위치영역의 형태는 정사각형이다.
- o 방향전환하기 전까지는 직선운동을 한다.
- o 방향전환은 n×90°(n = 0, 1, 2, 3)의 네 방향으로만 발생하며 각 방향을 선택할 확률은 동일하다.
- o 방향전환 점간의 거리 X는 평균이 θ인 지수분포를 따른다.

모델링을 위한 파라미터를 다음과 같이 정의한다.

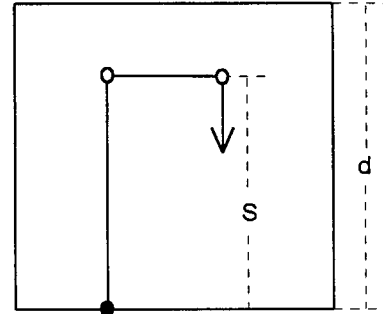
X: 방향전환 점간의 거리

S: 임의의 지점에서 바라본 위치등록 발생지점까지의 거리

K: 방향전환 점간의 거리 X당 위치등록 횟수

N: 단위시간당 발생하는 가입자당 위치등록 횟수

L: 단위시간 동안의 이동거리



- : 위치등록 발생지점
- o: 방향전환 발생지점

[그림 1] 가입자의 이동성 모델

임의의 지점에서 바라본 위치등록 발생지점까지의 거리, S의 pdf는 다음과 같다.

$$f_s(s) = \frac{1}{d} \quad 0 < s \leq d \quad (1)$$

방향전환 점간의 거리 X당 평균 위치등록 횟수는 다음과 같이 표현된다.

$$E[K] = P[S < X \leq S+d] + 2P[S+d < X \leq S+2d] + \dots + nP[S+(n-1)d < X \leq S+nd] + \dots \quad (2)$$

(1) 식으로 주어진 S의 pdf와 X가 지수분포를 따른다는 사실을 이용하여, E(K)를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} E(K) &= \int_{-\infty}^{\infty} [F_x(s+d) - F_x(s)] f_s(s) ds \\ &\quad + 2 \int_{-\infty}^{\infty} [F_x(s+2d) - F_x(s+d)] f_s(s) ds + \dots \\ &= \int_0^d [1 - e^{-\frac{s+d}{\theta}} - (1 - e^{-\frac{s}{\theta}})] \frac{1}{d} ds \\ &\quad + 2 \int_0^d [1 - e^{-\frac{s+2d}{\theta}} - (1 - e^{-\frac{s+d}{\theta}})] \frac{1}{d} ds + \dots \\ &= \frac{\theta}{d} \end{aligned} \quad (3)$$

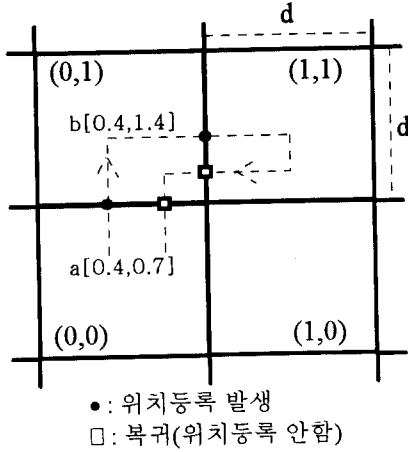
따라서, 단위시간당 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수는 다음과 같다.

$$E(N) = \frac{E(L)}{E(X)} E(K) = \frac{E(L)}{d} \quad (4)$$

2.3. 다중영역 위치등록 방식의 분석 환경

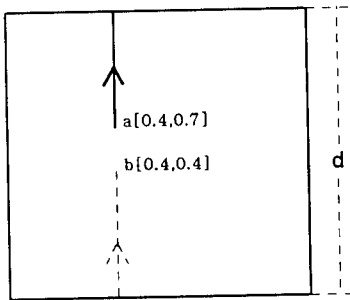
2.2절에서 설명한 이동성 모형을 기초로 하여 다중영역 위치등록을 [그림 2]와 같이 설정하였다. 그림에서 (x, y)는 LAI(Location Area Identifier)에 해당한다. MS는 (0, 0)의 임의의 지점에서 power-on한 후 이동방향(dir)과 이동거리(D)를 할당받아 이동한다. 이동중에 ZONE_LIST에 없는 새로운 위치영역으로 진입하면

위치등록을 수행한다. 그 위치영역이 이미 ZONE_LIST에 있으면 위치등록이 필요없다. [그림 2]에 점선으로 표시된 MS를 예로 들어보자. 이 MS는 (0, 0)→(0, 1)→(1, 1)→(0, 1)→(0, 0)의 순서로 이동하는데 (1, 1)→(0, 1) 및 (0, 1)→(0, 0) 과정에서는 위치등록이 필요없다.



[그림 2] 다중영역 위치등록 환경

위와 같은 환경에서는 MS의 좌표값이 계속적으로 커질 수 있으므로 실제 시뮬레이션 환경에서는 [그림 3]과 같이 한 변의 길이가 d인 하나의 기준 위치영역내에서 MS의 이동을 모두 묘사하였다. 예를 들어 [그림 2]의 a에서 b로 이동한 MS의 경우, 위치영역의 경계와 만나는 지점에서 이동방향(양의 Y축 방향)과 남은 이동거리(0.4)에 따라 LAI를 바꾸어 주고((0, 0)→(0, 1)) 다음 방향전환 지점의 좌표값을 해당 LAI내에서 정규화된 좌표값으로 지정해 준다([0.4, 0.4]). 여기서 정규화된 좌표값은 해당 LAI의 왼쪽 아래 모서리를 [0.0, 0.0]으로 잡았을 때의 좌표값을 말한다.



[그림 3] 시뮬레이션 환경

위와 같은 환경을 설정하면 MS의 이동이 한 변의 길이가 d인 하나의 기준 위치영역내에서 모두 묘사되어 [그림 2]와 같은 환경에 비하여 시뮬레이션이 용이하게 되지만 결과는 [그림 2]와 같은 환경을 그대로 시뮬레이션할 때나 동일하게 된다.

3. 다중영역 위치등록 방식의 신호 트래픽 분석

시뮬레이션 결과를 이용하여 라디오 채널에서의 신호 트래픽을 최소로 하는 위치영역의 수 N을 구하여 보자.

라디오 채널에서의 신호 트래픽은 페이징에 필요한 신호 트래픽과 위치등록에 필요한 신호 트래픽으로 구성되는데 이를 구하기 위하여 다음과 같은 파라미터를 정의한다.

- d: 위치영역의 한 변의 길이
- k^2 : 위치영역당 셀의 수
- a: 단위시간당 가입자당 착신호 도착률
- C_p : 라디오 채널에서 호당 셀당 페이징 신호정보량
- C_u : 라디오 채널에서 위치등록당 신호정보량
- U_d : 위치영역의 한 변의 길이가 d일 때 단위시간 동안의 가입자당 위치등록 횟수
- D: 방향전환간 이동거리
- L: 단위시간당 이동거리
- TIMER_LENGTH: 타이머 종료까지의 시간

단위시간 동안의 가입자당 착신호 처리를 위한 페이징에 필요한 총 신호 트래픽은 다음과 같다.

$$k^2 a C_p [p_1 + p_2(p_2^* + 2 \times (1 - p_2^*)) + \dots + p_n(p_n^* + n \times (1 - p_n^*))]$$

p_i : 현재 등록된 위치영역의 수가 i개일 확률 ($\sum_{i=1}^n p_i = 1$)

p_i^* : 현재 등록된 위치영역의 수가 i개일 때 MS가 가장 최근에 등록한 위치영역에 있을 확률

p를 이미 등록된 영역으로 복귀해 있을 확률로 정의하면 위치등록에 필요한 총 신호 트래픽은 $b(1-p)C_u$ 이 된다. b는 위치영역 경계를 지나서 횡수로서 단일영역 위치등록 방식의 위치등록 횟수와 같다. 따라서 최종적으로 다음과 같은 최적화 문제가 된다.

$$\text{Min}_n k^2 a C_p \sum_{i=1}^n p_i (p_i^* + i \times (1 - p_i^*)) + b(1-p)C_u \quad (5)$$

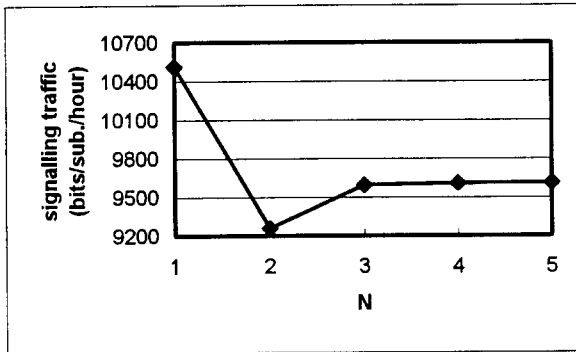
수리적 예

라디오 채널에서의 신호 트래픽을 최소로 하는 위치영역의 수 N을 결정하기 위하여 다음과 같은 개인휴대 통신 환경을 가정하자.

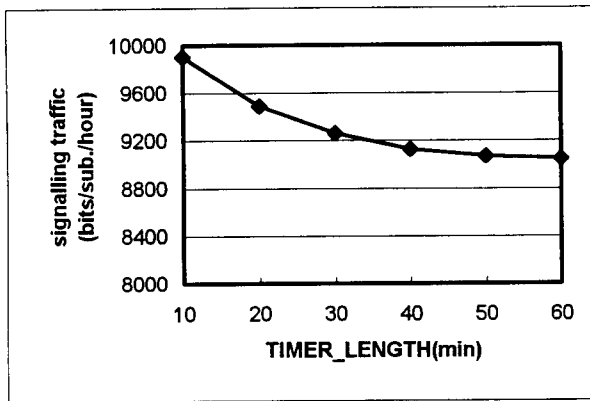
- d = 1.0 km
- $k^2 = 25$
- a = 0.357 calls/hour/sub
- $C_p = 266$ bits [3]
- $C_u = 2660$ bits [9]
- E(D) = 0.5 km
- E(L) = 3.0 km
- TIMER_LENGTH = 30 min

N을 변화시키면서, 위치영역당 단위시간 동안의 가입자당 착신호 처리를 위한 페이징 및 위치등록에 필요한 총 신호정보량을 산출한 결과는 [그림 4]와 같다. 따라서 이 경우 신호 트래픽을 최소로 하는 N은 2가 된다. 또한 TIMER_LENGTH를 변화시키면서 최소 신호 트래픽을 구한 결과가 [그림 5]에 있다. 시뮬레이션 결과를 이용한 계산 결과에 따르면 TIMER_LENGTH가 10분에서 60분까지 변화하는 동안 신호 트래픽을 최소로 하는 N은 모두 2로 나타난다. 즉, [그림 5]의 모든 점은

N이 2일 때의 값이다. 그림을 보면 TIMER_LENGTH를 크게 할수록 신호 트래픽이 작게 나타나고 있다. 그러나 그림에서 보듯이 10분일 때와 20분일 때의 차이에 비하여 50분일 때와 60분일 때의 차이는 상대적으로 크지 않으며, 기울기를 감안하면 60분보다 큰 값을 가져도 신호 트래픽의 감소가 그리 크지 않을 것임을 예측할 수 있다. 따라서 큰 TIMER_LENGTH를 유지하기 위한 부하를 고려하여 최대값을 60분으로 설정한 것으로 보인다.



[그림 4] N의 변화에 따른 신호 트래픽



[그림 5] TIMER_LENGTH의 변화에 따른 신호 트래픽

여러가지 경우에 대하여 시뮬레이션을 수행하여 분석한 결과에 따르면 최적 N의 값은 대부분의 경우 2로 나타나고 있다. 이러한 최적 N에 대한 결과는 셀룰라 이동통신망에서의 결과[4]와 매우 유사한 것이다. 이는 개인휴대 통신 환경에서는 셀룰라 이동통신망에 비하여 위치영역의 크기가 작아지므로 위치등록 횟수가 증가하겠지만 반면에 가입자의 이동속도가 느려져서 이러한 영향이 상쇄되기 때문이다.

개인휴대 통신 환경에서 가입자의 이동속도가 매우 빠르고 방향전환간 이동거리가 매우 큰 경우(예를 들면, 위 수리적 예에서 $E(L)=7.0$ km, $E(D)=1.0$ km인 경우) 최적 N이 3으로 나타나기도 하나 이러한 환경은 실제 상황과는 다소 거리가 있다고 판단되며 실제 상황을 고려한다면 최적 N은 대부분 2로 나타나고 있다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 개인휴대 통신 환경에서 영역기준 위치동

록 방법을 다중영역 위치등록 방식으로 운용할 경우의 성능을 분석하였다.

단일영역 위치등록 방식을 해석하기 위한 이동성 모형을 기초로 하여 다중영역 위치등록 방식에 대한 성능분석을 위한 환경을 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과를 이용하여 라디오 채널에서의 부하를 최소로 하는 다중영역의 수 N을 구하였다. 개인휴대 통신망의 환경에 따라 최적 N의 값은 다소 차이가 있으나 실제적인 환경에서의 값은 대부분 2-3으로 나타남을 보였다.

다중영역 위치등록 방식은 단일영역 위치등록 방식에 비하여 라디오 채널에서의 부하를 10% 정도 감소시켜 주므로 영역기준 위치등록 방법을 운용할 경우 다중영역 위치등록 방식으로 구현해야 할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] 김 광식, 한 영남, "최적 위치영역 설정에 관한 연구," JCCI94, pp.641-644, 1994.
- [2] 김 광식, 조 무호, 한 영남, 조 경록, 한 기철, "CMS에서의 위치등록 방식," 통신학회 하계학술 발표회 논문집, pp.57-60, 1995.
- [3] 백 장현, 조 기성, 손 창수, "거리기준에 의한 위치등록 방식의 분석," 통신학회 하계학술발표회 논문집, pp.44-48, 1995.
- [4] 백 장현, 이 창훈, "다중영역 위치등록 방식의 성능 분석," 통신정보 합동학술대회, 1996.
- [5] 장 회선, 임 석구, 박 상택, 유 재훈, "개인휴대 통신 환경에서의 최적 위치영역을 고려한 위치등록 처리용량 분석 : 무선 신호 트래픽 최소화 방법," 한국통신학회 추계학술발표회 논문집, pp. 549-552, 1994.
- [6] ANSI J-STD-008, "PS-BS Compatibility Requirements for 18 to 2.0 GHz CDMA Personal Communications Systems," March 9, 1995.
- [7] F. V. Baumann, I. G. Niemegeers, "An Evaluation of Location Management Procedures," ICUPC94, pp.359-364, 1994.
- [8] G. Colombo et al., "Mobility Control Load in future Personal Communication Networks," ICUPC93, pp.113-117, 1993.
- [9] H. Xie, S. Tabbane, D. J. Goodman, "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis," VTC93, pp.536-539, 1993.
- [10] K. S. Meier-Hellstern, E. Alonso, "The Use of SS7 and GSM to Support High Density Personal Communications," ICC92, pp.1698-1702, 1992.
- [11] S. Ito, "Proposal for Personal Communication Network Architecture and Location Registration Method," ICUPC94, pp.354-358, 1994.
- [12] T. S. Kim, D. K. Sung, "The Effects of Handoffs on Microcell-Based PCN Networks," Globecom94, pp.1316-1320, 1994.
- [13] Y. B. Lin, A. Noerpel, "Implicit Deregistration in a PCS Network," IEEE Tr. on Veh. Tech. vol.43 no.4, pp.1006-1010, 1994.
- [14] S. Okasaka, S. Onoe, S. Yasuda, A. Maebara, "A New Location Updating Method for Digital Cellular Systems," VTC91, pp.345-350, 1991.