

## CDMA 이동통신 시스템에서 영역기준 위치등록 방법의 성능분석

### Performance Evaluation of Zone-based Registration in CDMA Mobile Communication System

백장현\* · 이창훈\*\*

Jang-Hyun Baek\* · Chang-Hoon Lie\*\*

#### Abstract

In this paper, we evaluate the performance of zone-based registration. First, we propose a mobility function for single zone-based registration. And we establish the circumstances of multiple zone-based registration, which is based on the mobility function for single zone-based registration, and perform simulation programs for the circumstances.

Using the simulation results, we obtain optimal N, the number of multiple zones which minimizes signalling traffic in radio channels. Results show that in most cases optimal N is 2.

Multiple zone-based registration has less signalling traffic in radio channels than single zone-based registration and zone-based registration must be implemented as multiple zone-based registration.

#### 1. 서론

이동통신망에서는 가입자의 이동성으로 인하여 가입자가 휴대하고 있는 MS(Mobile Station)의 위치가 계속적으로 변하므로, 착신

호 연결을 위해 시스템에서는 이러한 가입자의 위치에 대한 정보를 관리해야 한다.

위치등록(location registration)이란, 이동통신망에서 가입자의 위치정보가 변하는 경우 시스템의 데이터베이스에 있는 가입자의 위

\* 한국전자통신연구소

\*\* 서울대학교 산업공학과

치정보를 갱신해 주는 일련의 과정을 말한다. 만약 위치등록 과정이 없다면 이동 가입자가 속한 위치영역을 알지 못하므로 그 가입자로의 착신호 연결을 위해서는 이동통신 서비스가 제공되는 전 지역에 페이징(paging) 메시지를 보내 해당 MS의 위치를 파악해야 한다. 반면에 위치등록 과정이 제대로 수행되어 해당 MS가 속한 위치영역을 정확히 알고 있으면 그 위치영역에만 페이징 메시지를 보내면 된다. 즉, 착신호 연결을 위해서는 시스템이 MS의 현재 위치를 알고 있어야 하므로, MS의 위치를 시스템의 데이터베이스에 저장하는 위치등록 과정이 필요하게 된다.

CDMA(Code Division Multiple Access) 방식의 이동통신 시스템에서는 다음과 같은 9가지의 위치등록 방법이 가능하다[5].

표 1. 위치등록 방법

위치등록 방법	등록 시기
전원 공급시 등록 (Power-up registration)	전원 공급시
전원 차단시 등록 (Power-down registration)	전원 차단시
시간 기준에 의한 등록 (Timer-based registration)	주기적으로
거리 기준에 의한 등록 (Distance-based registration)	일정거리 이동시
영역기준에 의한 등록 (Zone-based registration)	다른 영역으로 이동시
파라미터 변경에 따른 등록 (Parameter-change registration)	파라미터 변경시
명령에 의한 등록 (Ordered registration)	교환기의 요구시
묵시적 등록 (Implicit registration)	발신호시 또는 페이징 응답시
트래픽 채널 할당에 따른 등록 (Traffic channel registration)	통화중 위치 등록시

이러한 9가지 위치등록 방법을 모두 구현하지 않고 몇가지 방법만 구현하더라도 시스템 운용자가 잘 이용하면 위치등록 기능을 효율적으로 수행할 수 있다. 따라서 위치등록 방법을 구현할 때 운용자가 시스템의 부하를 고려하여 파라미터를 변경하여 운용할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 또한 구현되지 않은 방법들에 대해서는 시스템 부하 및 효율성 등을 고려하여 구현여부를 결정해야 한다.

여러가지 위치등록 방법에 대한 많은 연구 결과가 발표되었다[2, 6, 9, 11, 13]. 이들을 살펴보면 거리기준 위치등록 방법에 대한 연구[2]나 시간기준 위치등록 방법에 대한 연구[6], 동적 위치영역 할당방법에 대한 연구[9, 13]도 발표되어 있으나, 위치등록을 다른 대부분의 연구가 영역기준 위치등록 방법을 다루고 있거나 또는 영역기준 위치등록 방법을 가정하고 있다[1, 3, 12, 14].

그런데 셀룰라 이동통신 및 개인휴대통신의 국내 표준이 CDMA 방식으로 확정되고 이러한 CDMA 표준(안)에서 영역기준 위치등록 방법을 다중영역 위치등록 방식으로 구현할 것을 권고하고 있음에도 불구하고 영역기준 위치등록 방법을 다중영역 위치등록 방식으로 확장한 경우에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다.

본 연구는 CDMA 표준(안)에서 권고한 바에 따라 영역기준 위치등록 방법을 다중영역 위치등록 방식으로 구현할 경우의 성능을 분석하고자 한다.

서론에 이어 2절에서는 영역기준 위치등록 방법을 기술하고 다중영역이 가능한 영역기준 위치등록 방법을 분석하기 위한 방법을

제시하였다. 3절에서는 시뮬레이션 결과를 이용하여 무선 채널에서의 신호 트래픽을 최소로 하는 위치영역의 수를 구하였다. 4절에서는 결과를 요약하고 추후 고려할 사항을 언급하였다.

## 2. 영역기준 위치등록 방법의 분석방법

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

### 2.1. 영역기준 위치등록 방법

영역기준에 의한 위치등록 방식을 이용할 경우, MS는 MS 내부에 저장된 ZONE\_LIST에는 없는, 새로운 영역으로 이동할 때마다 위치등록을 수행하여 ZONE\_LIST에 새로운 영역을 추가한다. 위치등록후, 그 영역을 제외한 나머지 영역에 대하여 각 위치영역별로 하나씩의 타이머가 작동한다. 가능한 최대 타이머 값은 1, 2, 5, 10, 20, 30, 45, 60분이다 [5]. 그러나, 새로 위치등록된 영역은 타이머가 작동하지 않는다.

MS는 하나 이상의 영역에 등록할 수 있다. 즉, MS는 ZONE\_LIST에 최대 TOTAL\_ZONES (편의상 N으로 표기)개의 위치영역을 저장할 수 있다. N=1인 경우를 단일영역 위치등록 방식이라 하고 N≥2인 경우를 다중영역 위치등록 방식이라 하여 구분하기로 한다.

ZONE\_LIST가 이미 N개의 위치영역을 가지고 있는 상태에서 새로운 위치영역으로 이

동하면, N개의 위치영역중 타이머 값이 가장 큰 것을 삭제하고 새로운 위치영역을 추가한다.

예를 들어, N=3인 ZONE\_LIST에 A, B, C, 3개의 영역이 저장되어 있고 현재 MS는 A에 속해 있다고 하자. 또한 B의 타이머 값이 10분이고 C의 타이머 값이 5분이라 하자. 현재 MS가 A에 속해 있으므로 A의 타이머는 작동하지 않는다.

ZONE_LIST	A	C	B
TIMER	작동안함	5	10

이 상황에서 MS가 2분 후에 새 위치영역 D로 진입하면, B를 삭제하고 D를 새로 추가한다. 또한 A의 타이머를 새로 작동시킨다.

ZONE_LIST	A	C	D
TIMER	0	7	작동안함

만약 1분 후에 A로 재진입하면, 위치등록을 수행하지 않는다. 그러나 이 경우 시스템에서는 MS가 속한 영역을 알 수 없으므로, 착신호를 연결해 주어야 할 경우 MS를 찾아내기 위한 페이징(paging) 절차가 다소 복잡해진다.

만약 A로 재진입후 타이머가 종료하면, 위치등록을 새로 수행하게 되며 따라서 재진입에 따른 이점이 소멸된다.

ZONE_LIST	A	C	D
TIMER	1	8	작동안함

다중영역 위치등록 방식을 사용할 경우, 영

역간 경계를 넘나들며 발생하는 여러 번의 불필요한 위치등록(ping-pong)을 피할 수 있다. 또한 각 영역에 대한 타이머를 구동하여 타이머 종료후에는 해당 영역을 삭제함으로써, MSC는 오래된 영역에 대한 페이징을 피할 수 있다.

ZONE\_LIST에 있는 영역에 재진입할 경우, 위치등록을 수행하지 않으므로 시스템에서는 이를 알 수 없다. 따라서 MS를 찾아내기 위한 페이징 방법이 중요한데, 본 연구에서는 다음과 같은 방법으로 페이징한다고 가정한다.

- 가장 최근에 위치등록한 영역에 페이징한다.
- 응답이 없으면 나머지 영역에 페이징한다.

표 2에 단일영역 위치등록 방식과 다중영역 위치등록 방식을 간단히 비교하였다.

이동성 모델링이 필요하다. 이동 가입자의 움직임에 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, 3, 12, 14] 방향전환에 대한 고려가 없으므로, 방향전환에 의해 이전 영역으로 되돌아오는 상황을 반영해야 하는 다중영역에 대한 분석에는 응용할 수가 없다.

본 연구에서는 다중영역 위치등록 방식의 분석을 위한 시뮬레이션 상황으로 확장할 수 있는 [2, 10]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. 주된 가

표 2. 단일영역/다중영역 위치등록 방식

	단일영역 위치등록(N=1)	다중영역 위치등록 방식(N≥2)
개 요	위치영역의 경계를 지날 때마다 위치등록	여러 개의 위치영역을 가지며, 그 안에서의 이동은 위치등록이 필요없다.
위치등록	다른 영역 진입시 등록	ZONE_LIST에 없는 영역에 진입시 등록
위치삭제	다른 영역에 진입시, 이전 영역 삭제	○ 타이머가 종료된 영역 삭제 ○ 새 영역 추가로 TOTAL_ZONES를 넘을 때, 타이머 값이 가장 큰 영역 삭제
장 점	페이징 부하가 적다.	MS가 ZONE_LIST에 있는 영역으로 되돌아오는 경우 위치등록이 필요없다.
단 점	위치영역의 경계를 지날 경우에는 매번 위치등록	페이징이 증가한다.

2.2. 단일영역 위치등록 방식의 분석방법  
 일정 시간 동안 위치등록을 얼마나 하는지를 정량적으로 분석하기 위해서는 가입자의

정사향은 다음과 같다.  
 ○ 위치영역의 형태는 정사각형이다.  
 ○ 방향전환하기 전까지는 직선운동을 한

다.

- 방향전환은  $n \times 90^\circ$  ( $n = 0, 1, 2, 3$ )의 네 방향으로만 발생하며 각 방향을 선택할 확률은 동일하다.
- 방향전환 점간의 거리  $X$ 는 평균이  $\theta$ 인 지수분포를 따른다.

모델링을 위한 파라미터를 다음과 같이 정의한다.

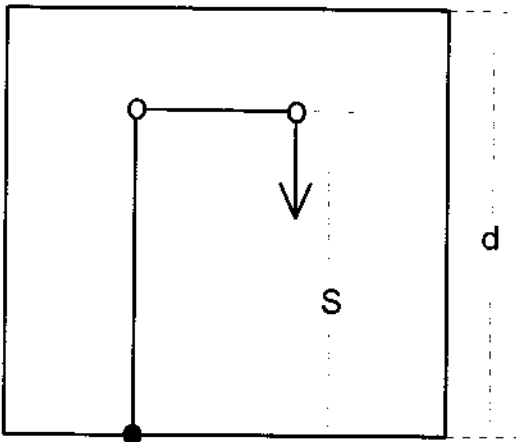
X: 방향전환 점간의 거리

S: 진행방향의 임의 지점에서 바라본 위치 영역 경계면까지의 거리

K: 방향전환 점간의 거리  $X$ 당 위치등록 횟수

N: 단위시간당 발생하는 가입자당 위치등록 횟수

L: 단위시간 동안의 이동거리



- : 위치등록 발생지점
- : 방향전환 발생지점

그림 1. 가입자의 이동성 모델

임의의 지점에서 바라본 위치등록 발생지

점까지의 거리,  $S$ 의 pdf는 다음과 같다.

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

방향전환 점간의 거리  $X$ 당 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  $S$ 의 pdf와  $X$ 가 지수분포를 따른다는 사실을 이용하여,  $E(K)$ 를 다음과 같이 계산할 수 있다.

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

따라서, 단위시간당 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수는 다음과 같다.

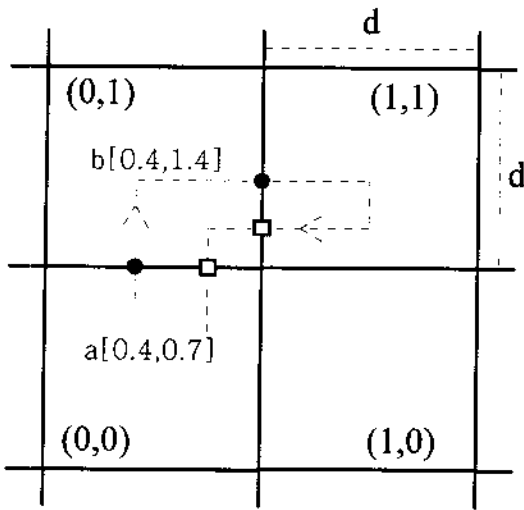
$$E(N) = \frac{E(L)}{E(X)} E(K) = \frac{E(L)}{d} \quad (4)$$

### 2.3. 다중영역 위치등록 방식의 분석환경

2.2절에서 설명한 이동성 모형을 기초로 하여 다중영역 위치등록을 분석하기 위한 시뮬

레이션 환경을 그림 2와 같이 설정하였다. 그림에서 (a, b)는 LAI(Location Area Identifier)에 해당한다. MS는 (0, 0)의 임의 지점에서 전원을 켜 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 2에 점선으로 표시된 MS를 예로 들어보자. ZONE\_LIST의 TOTAL\_ZONES=3일 때 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.



- : 위치등록 발생
- : 복귀(위치등록 안함)

그림 2. 다중영역 위치등록 시뮬레이션 환경

위와 같은 환경에서는 MS의 좌표값이 계속적으로 커질 수 있으므로 실제 시뮬레이션 환경에서는 그림 3과 같이 한 변의 길이가 d

인 하나의 기준 위치영역내에서 MS의 이동을 모두 묘사하였다. 예를 들어 그림 2의 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.

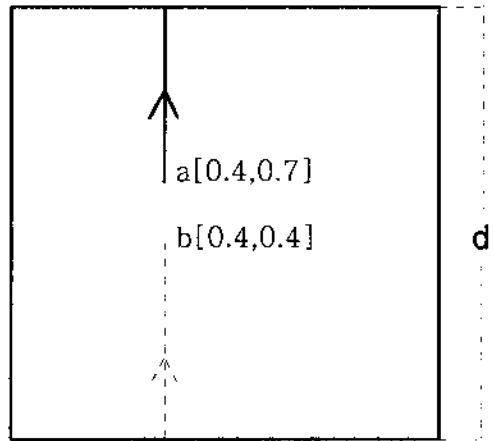


그림 3. 시뮬레이션 환경

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

다중영역 위치등록 방식의 분석을 위한 시뮬레이션에 대한 흐름도는 그림 4와 같다. 흐름도에서 점선으로 표시된 부분은 위치등록

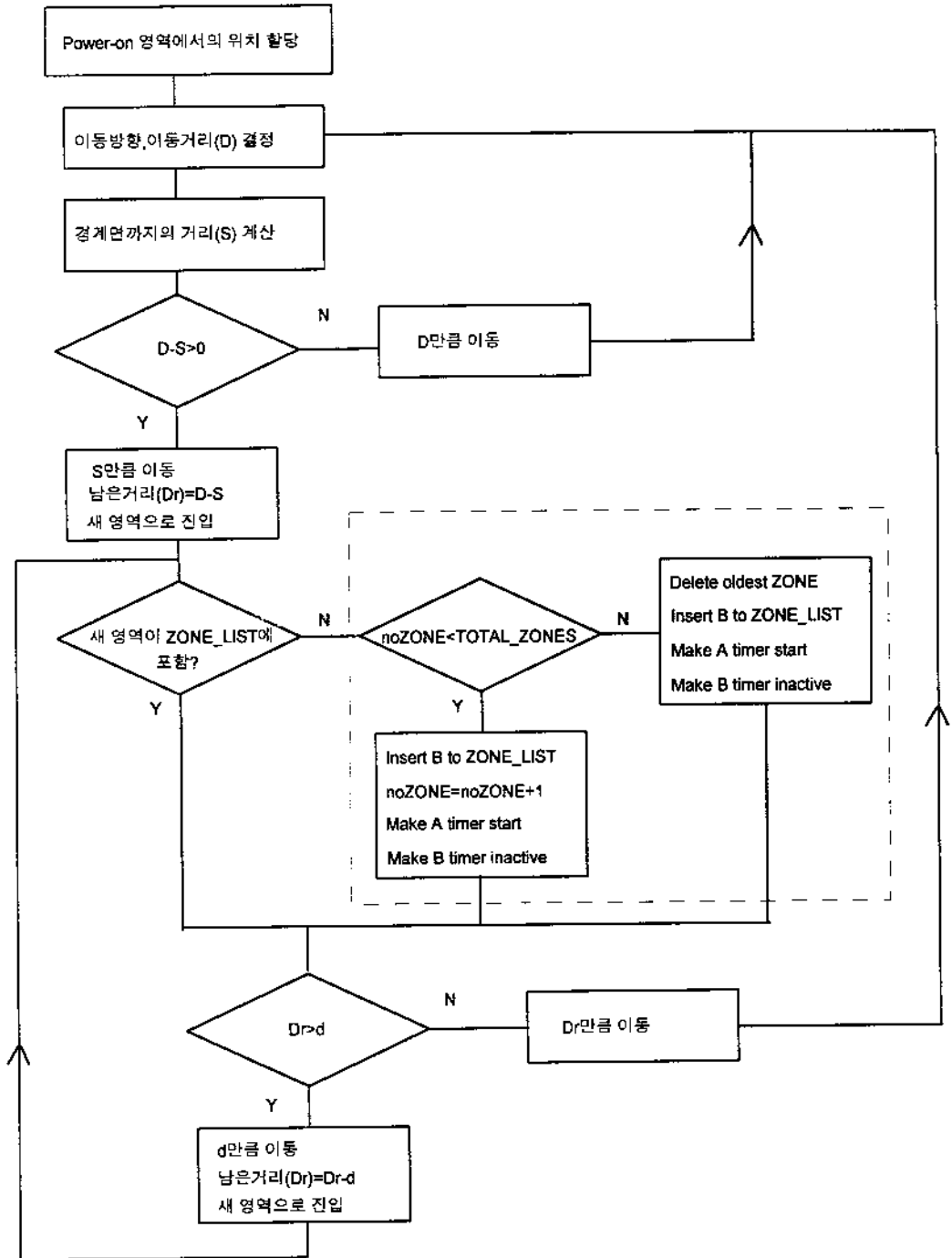


그림 4. 다중영역 위치등록 방식의 시뮬레이션 흐름도

과정을 나타내는데 B는 새로 진입한 위치영역을, A는 B에 진입하기 직전에 속한 위치영역을 나타낸다. noZONE은 현재 MS가 ZONE\_LIST에 저장하고 있는 영역의 수를 나타내며, TOTAL\_ZONES는 MS가 ZONE\_LIST에 최대 저장할 수 있는 영역의 수를 나타낸다.

흐름도에는 표시되지 않았으나 일정주기마다 타이머 값을 확인하여 타이머가 종료된 위치영역은 ZONE\_LIST에서 삭제한다.

시뮬레이션 언어로는 SLAM II를 사용하였으며 워크스테이션에서 시뮬레이션을 수행하였다.

### 3. 영역기준 위치등록 방식의 무선채널에서의 신호 트래픽 분석

이동통신망을 구성하는 여러 자원 중 망의 성능을 좌우하는 가장 중요한 자원은 무선 채널이라고 할 수 있다. 최근 이동통신 가입자가 많은 지역에서의 통화중 절단이나 블럭킹 현상의 주 원인은 근본적으로 무선 채널 수의 제한에서 비롯된다. 교환기나 단말기에 관련된 기술의 발전으로 인하여 이동통신 시스템의 처리능력이 현저히 향상되고 있음에도 불구하고 유한한 자원인 무선 채널에 대해서는 상대적으로 기술의 한계가 있으며 따라서 무선 채널에서의 부하가 전체 이동통신 시스템의 성능을 좌우한다고 할 수 있다.

이러한 관점에서 무선 채널에서의 부하를 최소로 해 주는 위치등록 방식을 파악하고자 한다. 즉, 영역기준 위치등록 방법을 이용할 경우 무선 채널에서의 신호 트래픽을 최소로 해 주는 위치영역의 수 N을 구하는 문제를

생각해 보자. 무선 채널에서의 신호 트래픽은 페이징 부하와 위치등록 부하로 구성되므로 다음과 같은 문제가 된다.

$$\text{Min}_N \text{ paging load} + \text{registration load} \quad (5)$$

무선 채널에서의 신호 트래픽을 분석하기 위하여 다음과 같은 파라미터를 정의한다.

d: 위치영역의 한 변의 길이

$k^2$ : 위치영역당 셀의 수

a: 단위시간당 가입자당 착신호 도착률

$C_p$ : 무선 채널에서 호당 셀당 페이징 신호 정보량

$C_r$ : 무선 채널에서 위치등록당 신호정보량

X: 방향전환간 이동거리

L: 단위시간당 이동거리

TIMER\_LENGTH: 타이머 종료까지의 시간

먼저 TOTAL\_ZONES=N일 때 단위시간 동안의 가입자당 착신호 처리를 위한 페이징에 필요한 총 신호 트래픽은 다음과 같다.

$$\text{paging load} = k^2 a C_p [p_1^N + p_2^N (1 - q_2^N + 2 \times q_2^N) + \dots + p_N^N (1 - q_N^N + N \times q_N^N)] \quad (6)$$

$p_i^N$ : TOTAL\_ZONES=N인 상황에서 현재 등록된 위치영역의 수가 i개일 확률 ( $\sum_{i=1}^N p_i^N = 1$ )

$q_i^N$ : TOTAL\_ZONES=N인 상황에서 현재 등록된 위치영역의 수가 i개일 때 MS가 이미 등록한 영역으로 복귀해 있을 확률

$p^N$ 을 TOTAL\_ZONES=N인 상황에서 이미



등록한 영역으로 복귀할 확률로 정의하면 위치등록에 필요한 총 신호 트래픽은 다음과 같다. 아래 식에서  $b$ 는 위치영역의 경계를 지나는 횟수로서 (4)식에 의해 계산되는 단일 영역 위치등록에서의 위치등록 횟수  $E(N)$ 과 같다.

$$\text{registration load} = b(1-p^M)C_u \quad (7)$$

따라서 위치영역의 수를 최대  $M$ 까지 확장할 수 있다면, 무선 채널에서의 신호 트래픽을 최소로 하는  $N$ 을 구하는 다음과 같은 문제가 된다.

$$\begin{aligned} \text{Min}_N \{ & k^2 a C_p \sum_{i=1}^N p_i^N (1-q_i^N + i \times q_i^N) + b(1-p^N) C_u, \\ & \dots, k^2 a C_p \sum_{i=1}^N p_i^N (1-q_i^N + i \times q_i^N) + b(1-p^N) C_u, \\ & \dots, k^2 a C_p \sum_{i=1}^M p_i^M (1-q_i^M + i \times q_i^M) + b(1-p^M) C_u \} \quad (8) \end{aligned}$$

위 문제를 풀기 위해서는  $N \geq 2$ 인 경우  $b$ ,  $p_i^N$ ,  $q_i^N$ ,  $p_N$ 을 알아야 하는데  $b$ 는 (4)식에 의해 계산가능하나  $p_i^N$ ,  $q_i^N$ ,  $p_N$ 은 수리적 계산이 불가능하므로  $N$ 을 달리해 가면서 시뮬레이션을 수행하여 값을 구하였다.

#### 수리적 예

무선 채널에서의 신호 트래픽을 최소로 하는 위치영역의 수  $N$ 을 결정하기 위하여 다음과 같은 개인휴대통신 환경을 가정하자.

- $d = 1.0$  km
- $k^2 = 25$
- $a = 0.357$  calls/subscriber/hour
- $C_p = 266$  bits[5]

- $C_u = 2660$  bits[14]
- $E(X) = 500$  m
- $E(L) = 3$  km
- $\text{TIMER\_LENGTH} = 30$  min

본 예제에서는 시뮬레이션 수행시간을 줄이기 위하여 이동속도가 일정하다고 가정하여 시뮬레이션을 수행하였다. (4)에서 보듯이 위치등록 횟수는 이동속도의 평균값만으로 표현이 되므로, 이동속도가 어떤 분포를 따르더라도 시뮬레이션을 충분히 수행하면 동일한 결과를 얻을 수 있다.

$N$ 을 1에서 5까지 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하여, 각 경우에 대한  $b$ ,  $p_i^N$ ,  $q_i^N$ ,  $p_N$ 을 구하였다(표 3.1, 표 3.2). 각 경우의 값들은 10,000 가입자에 대하여 100 시간 동안의 움직임을 관측하여 얻어진 것이다.  $r^N$ 은  $\text{TOTAL\_ZONES}=N$ 인 상황에서 이미 등록된 영역으로 복귀하는 횟수,  $r_i^N$ 은  $\text{TOTAL\_ZONES}=N$ 인 상황에서 현재 등록된 위치영역의 수가  $i$ 개일 때 MS가 이미 등록된 영역으로 복귀하는 횟수( $r^N = \sum_{i=1}^N r_i^N$ )를 나타낸다. 표 3.1에서  $b$ 는 100 시간 동안 위치영역의 경계를 지나는 횟수로서  $N=1$ 인 단일영역 위치등록에서는 (4)식에 의해 계산되는 위치등록 횟수  $E(N)$ 과 같다. (4)식에 의하면 단위시간 동안의 평균 위치등록 횟수는

$$E(N) = \frac{E(L)}{d} = \frac{3.0 \text{ km}}{1.0 \text{ km}} = 3.0$$

이므로 100 시간 동안의 위치등록 횟수는 300 회가 되어 표 3.1의 시뮬레이션 결과와 매우 잘 들어맞음을 알 수 있다.

표 3.1 N의 변화에 따른  $r_i^N, q_i^N, p^N, b$   
(TIMER\_LENGTH = 30분)

		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	$p^N/p^N$	b
N=1	$r_i^N$	0.0					0.0	300.25
	$q_i^N$	0.0000					0.0000	
N=2	$r_i^N$	0.0	54.0				54.0	300.25
	$q_i^N$	0.0000	0.2094				0.1799	
N=3	$r_i^N$	0.0	33.7	23.3			57.0	300.30
	$q_i^N$	0.0000	0.2033	0.2552			0.1898	
N=4	$r_i^N$	0.0	33.6	21.5	2.46		57.56	300.20
	$q_i^N$	0.0000	0.2026	0.2553	0.3594		0.1917	
N=5	$r_i^N$	0.0	33.6	21.5	2.40	0.06	57.56	300.20
	$q_i^N$	0.0000	0.2026	0.2554	0.3569	0.4578	0.1917	

표 3.2 N의 변화에 따른  $p_i^N$ (TIMER\_LENGTH = 30분)

$p_i^N$	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
N=1	1.0000				
N=2	0.1409	0.8591			
N=3	0.1439	0.5521	0.3040		
N=4	0.1442	0.5525	0.2805	0.0228	
N=5	0.1442	0.5525	0.2804	0.0224	0.0005

TIMER\_LENGTH를 1분에서 60분까지 변화시키면서 신호 트래픽을 구한 결과가 그림 5에 표시되어 있으며 그 중 10분에서 60분까지의 결과가 표 4에 표시되어 있다. 표 3.1과 표 3.2를 이용하면 표 4에서 TIMER\_LENGTH=30분인 경우의 신호 트래픽을 계산할 수 있다.

그림 5에서 알 수 있듯이 신호 트래픽을 최소로 하는 N은 모든 TIMER\_LENGTH에 대하여 2가 된다. N=2인 다중영역 위치등록 방식을 이용하면 단일영역 위치등록 방식에 비하여 TIMER\_LENGTH가 30분인 경우 약

표 4. TIMER\_LENGTH의 변화에 따른 신호 트래픽(bits/sub./hour)

N	10분	20분	30분	45분	60분
1	10354.1	10380.7	10360.8	10380.7	10354.1
2	9832.3	9533.2	9351.2	9234.8	9143.1
3	9841.6	9567.8	9480.7	9434.9	9401.0
4	9842.8	9575.3	9492.4	9489.2	9601.0
5	9843.4	9576.0	9492.9	9493.9	9649.0

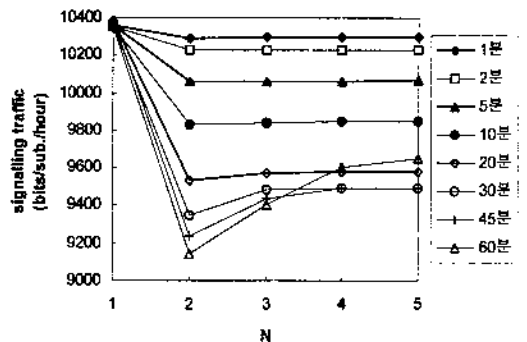


그림 5. N, TIMER\_LENGTH의 변화에 따른 신호 트래픽

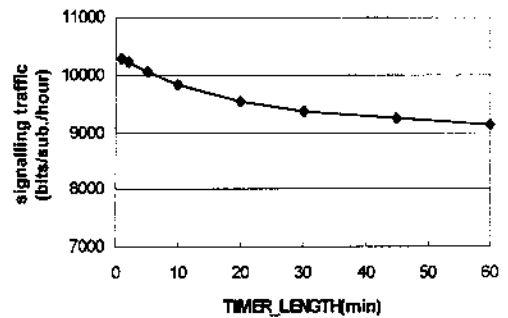


그림 6. TIMER\_LENGTH의 변화에 따른 신호 트래픽

10%, 60분인 경우 약 12% 정도 신호 트래픽이 감소하게 된다.

TIMER\_LENGTH를 변화시키면서 각 TIMER\_LENGTH별로 신호 트래픽이 최소일 때

의 신호 트래픽만을 표시하면 그림 6과 같다. 그림을 보면 TIMER\_LENGTH를 크게할수록 신호 트래픽이 작게 나타나고 있다. 그러나 그림에서 보듯이 10분일 때와 20분일 때의 차이에 비하여 45분일 때와 60분일 때의 차이는 상대적으로 크지 않으며, 기울기를 감안하면 60분보다 큰 값을 가져도 신호 트래픽의 감소가 그리 크지 않을 것임을 예측할 수 있다. 따라서 타이머를 유지하기 위한 부하 등을 고려하여 타이머의 최대값을 60분으로 제한하고 있다[5].

방향전환간 이동거리 E(X)를 0.1km에서 2km까지 변화시키면서, 위치영역당 단위시간 동안의 가입자당 착신호 처리를 위한 페이징 및 위치등록에 필요한 총 신호정보량을 산출한 결과는 그림 7과 같다. E(X)가 0.1km에서 2km까지 변하는 경우 신호 트래픽을 최소로 하는 N은 모두 2로 나타나고 있다.

그림 7의 각 E(X)별로 최소 신호 트래픽을 그림 8에 표시하였다. 즉, 그림 8의 모든 점은 N이 2일 때의 값이다. 그림을 보면 E(X)를 크게 할수록 신호 트래픽이 크게 나타나고 있다. 방향전환하기 전까지 이동하는 거리 E(X)가 증가할수록 가입자의 이동 형태가

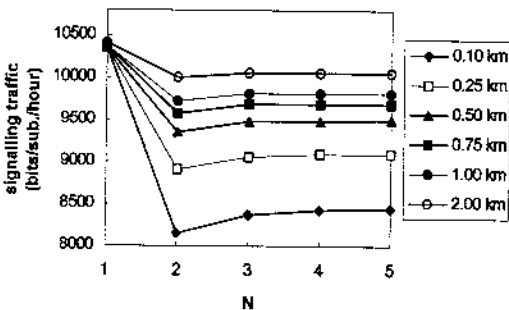


그림 7. N, E(X)의 변화에 따른 신호 트래픽

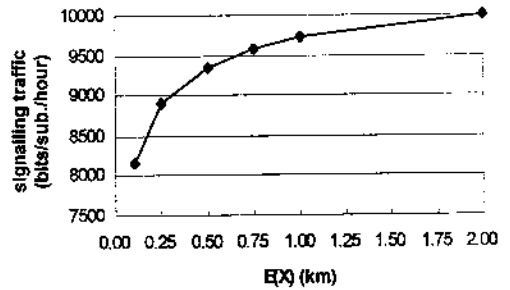


그림 8. E(X)의 변화에 따른 신호 트래픽

직선에 가까워지므로 단위시간 동안의 행동 반경이 커져서 TIMER\_LENGTH 이내에 이전의 위치영역으로 돌아올 확률이 작아지기 때문이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 E(X)가 매우 커지면 TIMER\_LENGTH 이내에 이전의 위치영역으로 복귀하는 경우가 거의 발생하지 않으므로 N을 2 이상으로 유지하더라도 별 이득이 없게 된다.

가입자의 이동속도를 0.5km/h에서 15km/h까지 변화시키면서 신호정보량을 산출한 결과는 그림 9와 같다. 속도변화에 따라 E(L)이 0.5km에서 15km까지 변하는 경우 신호 트래픽을 최소로 하는 N은 모두 2로 나타나고 있다.

그림 9의 각 E(L)별로 최소 신호 트래픽을 그림 10에 표시하였다. 즉, 그림 10의 모든 점은 N이 2일 때의 값이다. 그림을 보면 E(L)를 크게 할수록 신호 트래픽이 작게 나타나고 있다. 가입자의 이동속도가 증가할수록 단위시간 동안 많은 거리를 이동하게 되어 통과하는 위치영역의 수가 증가하게 되고 따라서 이전에 등록된 영역으로 복귀할 때까지 타이머가 종료되지 않기 때문이다. 즉, TIMER\_LENGTH 이내에 복귀하는 경우가 증

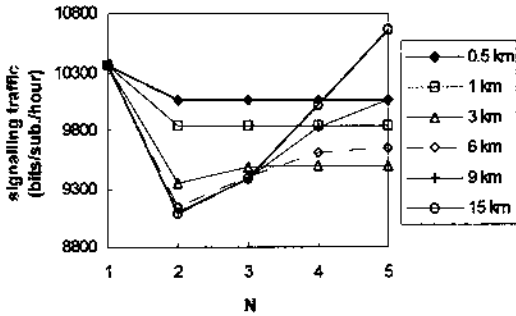


그림 9. N, E(L)의 변화에 따른 신호 트래픽

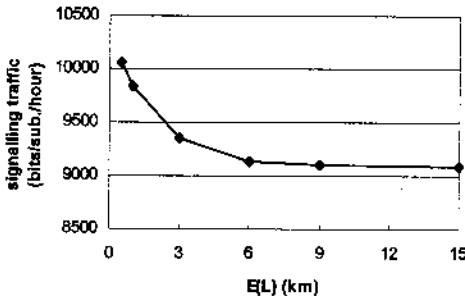


그림 10. E(L)의 변화에 따른 신호 트래픽

가하기 때문이다. 이러한 결과는 앞서 `TIMER_LENGTH`를 변화시키면서 신호 트래픽을 분석한 경우와 유사하다. 동일한 이동속도하에서 `TIMER_LENGTH`를 증가시키는 경우의 효과는, 동일한 `TIMER_LENGTH`하에서 이동속도를 증가시키는 경우의 효과와 유사하다는 것을 이해할 수 있다. 그림 10에서 알 수 있듯이  $E(L)$ 이 커짐에 따른 신호 트래픽의 감소가 완만해지는 것은, 그림 6에서 `TIMER_LENGTH`가 커지면 신호 트래픽의 감소가 완만해지는 것과 마찬가지로이다. 다만 그림 5와는 달리 그림 9에서는 이동속도가 15km/h이고  $N=5$ 인 경우  $N=1$ 인 경우보다도 큰 신호 트래픽을 가지는 것을 볼 수 있는데 이는 페이징 부하의 증가에 의한 것이다. 그림 5에

서도 `TIMER_LENGTH`가 60분보다 큰 값을 가질 수 있다면 마찬가지로 결과를 얻을 수 있을 것이다.

위치영역의 크기를 변화시키면서 신호 트래픽을 산출한 결과는 그림 11과 같다. 이 경우 셀의 크기는 고정되어 있으므로 위치영역이 커지면 위치영역내 셀 수가 증가한다. 위치영역의 한 변( $d$ )이 0.6km(셀의 수는 9개)에서 2.0km(셀의 수는 100개)까지 변하는 경우 신호 트래픽을 최소로 하는  $N$ 은,  $d=0.8\sim 1.4$ km 일 때는 2로 나타나고 있으나  $d=1.6$ km 이상 일 때는 1,  $d=0.6$ km일 때는 3으로 나타나고 있다.

$d=1.6$ km 이상이 되어 위치영역내 셀의 수가 매우 많아지면 하나의 위치영역만을 페이징하더라도 페이징 부하가 매우 크다. 따라서, 이미 등록된 영역으로 복귀할 경우 감소하는 위치등록 부하에 비하여 이러한 MS를 찾기 위한 페이징 부하가 현저하게 크기 때문에 최적  $N$ 이 1이 된다. 반면에  $d=0.6$ km가 되어 위치영역이 작아지면 위치영역의 경계를 자주넘게 되고 위치등록 부하도 증가하지만, 이미 등록된 영역으로 복귀하는 경우도 자주 발생하여 위치등록 부하가 감소하고 이러한 MS를 찾기 위한 페이징 부하는 매우 작기 때문에 최적  $N$ 이 3이 된다.

일반적으로 위치영역의 크기가 커질수록 위치등록 부하는 감소하나 페이징 부하는 증가하므로 신호 트래픽을 최소로 하는 위치영역의 크기가 결정될 수 있다. 이러한 위치등록 부하와 페이징 부하간의 trade-off 관계는 일반적인 이동통신 시스템 설계시 위치영역의 크기를 결정짓는 가장 중요한 요소이다. 그림 12는 각  $d$ 에 대하여 단일영역 위치등록

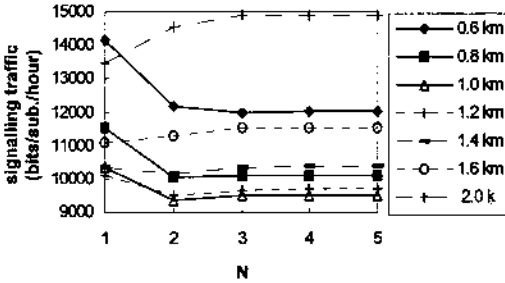


그림 11. N, d의 변화에 따른 신호 트래픽

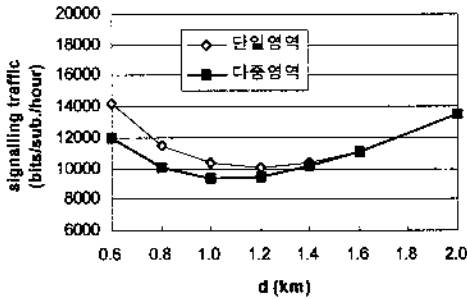


그림 12. d의 변화에 따른 신호 트래픽

일 때의 신호 트래픽과 다중영역 위치등록일 때의 신호 트래픽을 나타내고 있는데, 그림 12를 보면 신호 트래픽을 최소로 하는 위치 영역의 크기(또는 셀 수)를 알 수 있다. 단일 영역 위치등록일 경우 신호 트래픽을 최소로 하는 위치 영역의 한 변 길이(d)는 1.2km인 데 비하여 다중영역 위치등록에서는 1.0km임을 알 수 있다. 그러나 d=1.0km일 경우에도 다중영역 위치등록의 최소 신호 트래픽은 단일 영역 위치등록에 비하여 적은 값을 갖는다.

본 연구에서 가정한 환경에서는 위치영역의 한 변을 1.0km(셀 수는 25개)로 설계하고 N은 2로 설정할 경우에 가장 신호 트래픽이 적은 값을 갖게 된다.

호 수의 변화에 따른 신호 트래픽을 그림 13에 나타내었다. 시간당 호 수(call/hour)를

0.05에서 0.5까지 변화시킨 결과에 따르면 호 수가 변화하더라도 최적 위치영역의 수는 대부분의 경우 2로 나타나고 있다. 그러나 시간당 호 수가 0.1 이하가 되면 위치영역의 수가 증가함에 따라 미세하나마 신호 트래픽이 감소되는 것으로 나타나고 있다. 그러나 10 시간에 평균 한 호 정도의 호 수는 실제적인 이동통신 환경과는 다소 거리가 있다고 판단되며 실제 상황을 고려한다면 최적 위치영역의 수는 대부분의 경우 2로 나타나고 있다.

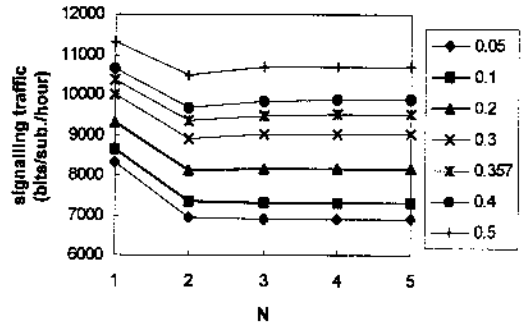


그림 13. 시간당 호 수(call/hour)의 변화에 따른 신호 트래픽

위에서 가정한 환경 이외의 여러가지 경우에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 다양한 환경하에서의 시뮬레이션 수행 결과에 따르면 TIMER\_LENGTH, 방향전환간 이동거리 E(X), 시간당 이동거리 E(L)을 달리하여도 최적 N의 값은 대부분 2로 나타나고 있다. 다만 위치영역이 매우 큰 경우 최적 N은 1로 나타나기도 하며(그림 11) 또한 위치영역이 매우 작거나(그림 11) 시간당 호 수가 매우 작은 경우(그림 13) 최적 N은 3 이상으로 나타나기도 한다. 그러나 이러한 경우에도 N이 2인 경우와의 신호 트래픽 차이는 매우 작다. 실제 시스템 설계시에는 위치등록 부하와 페

이징 부하간의 trade-off를 통하여 위치영역의 크기를 결정할 것이므로 이러한 극단적인 환경은 고려대상에서 제외될 것이며 실제 상황을 고려한다면 최적 위치영역의 수  $N$ 은 대부분 2로 나타나고 있다.

#### 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 영역기준 위치등록 방법에서 다중영역이 가능한 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 무선 채널에서의 부하를 최소로 하는 다중영역의 수  $N$ 을 구하였다. 이동통신망의 환경에 따라 최적  $N$ 의 값은 다소 차이가 있으나 실제적인 환경에서의 값은 대부분 2로 나타남을 알 수 있었다.

결론적으로 다중영역 위치등록 방식은 단일영역 위치등록 방식에 비하여 무선 채널에서의 부하를 감소시켜 주므로 영역기준 위치등록 방법을 운용할 경우 다중영역 위치등록 방식으로 구현해야 할 것이다.

보다 정확한 성능분석을 위하여 추후 다음과 같은 사항을 고려할 필요가 있다.

##### ○ 발신호 처리에 의하여 감소되는 페이징 부하의 고려

단일영역 위치등록 방식에서는 시스템에서 항상 MS가 속한 영역을 정확히 알고 있으므로 발신호에 의한 위치등록(implicit registration)이 무의미하나, 다중영역 위치등록 방식

에서는 이미 등록된 영역으로 복귀한 상태(이때 시스템에서는 MS가 속한 영역을 잘못 알고 있다.)에서 발신호가 발생하면, 발신호에 의한 위치등록(implicit registration)에 의해 시스템에서는 MS가 속한 영역을 제대로 알게 되므로 이후의 착신호 발생시 페이징 부하를 줄이는 효과가 있다. 따라서 발신호 처리에 의하여 감소되는 페이징 부하를 고려하여 다중영역 위치등록 방식의 성능을 분석할 필요가 있다.

##### ○ 방향선택확률이 서로 다른 경우의 분석

본 연구에서는 방향별 선택확률을 동일하다고 가정하였는데, 실제로는 도시 외곽의 경우 도심쪽 선택확률이 보다 클 것이다. 이와 같이 위치영역에 따라 그에 속한 MS의 이동 특성이 달라지면 다중영역 위치등록 방식의 성능도 다소 달라질 것이다.

이러한 두 가지 고려사항은 다중영역 위치등록 방식의 신호 트래픽을 보다 감소시킬 것이며 따라서 단일영역 위치등록 방식에 비하여 다중영역 위치등록 방식이 효율적임을 보다 명확하게 보일 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김광식, 조무호, 한영남, 조경록, 한기철, "CMS에서의 위치등록 방식," 통신학회 하계학술발표회 논문집, pp.57-60, 1995.
- [2] 백장현, 조기성, 손창수, "거리기준에 의한 위치등록 방식의 분석," 통신학회 하계학술발표회 논문집, pp.44-48, 1995.
- [3] 장희선, 임석구, 박상택, 유제훈, "개인휴

- 대통신 환경에서의 최적 위치영역을 고려한 위치등록 처리용량 분석 : 무선신호 트래픽 최소화 방법.” 통신학회 추계학술 발표회 논문집, pp. 549-552, 1994.
- [4] Alan, A., and Pritsker, B., Introduction to Simulation and SLAM II, John Wiley & Sons, 1986.
- [5] ANSI J-STD-008, PS-BS Compatibility Requirements for 1.8 to 2.0 GHz CDMA Personal Communications Systems, March 9, 1995.
- [6] Baumann, F. V., and Niemegeers, I. G., “An Evaluation of Location Management Procedures,” ICUPC'94, pp.359-364, 1994.
- [7] Colombo, G., De Martino, L., Eynard, C., and Gabrielli, L., “Mobility Control Load in Future Personal Communication Networks,” ICUPC'93, pp.113-117, 1993.
- [8] Guerin, R. A., “Channel Occupancy Time Distribution in a Cellular Radio System,” IEEE Tr. on Veh. Tech., Vol.35, No.3, pp. 89-99, 1987.
- [9] Ito, S., “Proposal for Personal Communication Network Architecture and Location Registration Method,” ICUPC'94, pp.354-358, 1994.
- [10] Kim, T. S., and Sung, D. K., “The Effects of Handoffs on Microcell-Based PCN Networks,” Globecom'94, pp.1316-1320, 1994.
- [11] Lin, Y. B., and Noerpel, A., “Implicit Deregistration in a PCS Network,” IEEE Tr. on Veh. Tech., Vol.43, No.4, pp. 1006-1010, 1994.
- [12] Meier-Hellstern, K. S., and Alonso, E., “The Use of SS7 and GSM to Support High Density Personal Communications,” ICC'92, pp.1698-1702, 1992.
- [13] Okasaka, S., Onoe, S., Yasuda, S., and Maebara, A., “A New Location Updating Method for Digital Cellular Systems,” VTC'91, pp.345-350, 1991.
- [14] Xie, H., Tabbane, S., and Goodman, D. J., “Dynamic Location Area Management and Performance Analysis,” VTC'93, pp. 536-539, 1993.