

위치등록 방법의 성능분석 : 영역기준 위치등록과 거리기준 위치등록

Performance Analysis of Location Registration Methods : Zone-based Registration and Distance-based Registration

백장현* · 이창훈**

Jang-Hyun Baek* · Chang-Hoon Lie**

Abstract

In this paper, we evaluate the performance of zone-based registration and distance-based registration. First, we propose the mobility model which can be used to analyze the performance of both zone-based registration and distance-based registration. And using the proposed mobility model, we obtain several performance measures and perform numerical computation to compare the performance of two registration methods. Numerical results show that in general zone-based registration needs less number of registration than distance-based registration. On the other hand, if distance-based registration is used, registration load is equally distributed to all cells in a location area and ping-pong phenomenon is not occurred. And when a VLR area is composed of a few location areas, distance-based registration may need less registration load than zone-based registration. Therefore, a proper registration method should be selected considering system circumstances and implementation complexity, and the selected method should be implemented so as to change system parameters according to system circumstances.

* 한국전자통신연구원 선임연구원

** 서울대학교 교수

1. 서론

이동통신망에서는 가입자의 이동성으로 인하여 가입자의 위치가 계속적으로 변하므로 착신호 접속을 위해서는 가입자의 위치정보를 관리해야만 한다. 가입자의 위치정보는 다음과 같은 시스템 데이터베이스에 저장된다.

- HLR(Home Location Register) : 이동가입자의 현재 위치에 대한 정보, 가입자에 대한 정보, 부가서비스 등과 관련된 반영구적인 정보를 저장하고 있는 데이터베이스
 - VLR(Visitor Location Register) : 관찰하고 있는 구역으로 들어온 가입자에 대한 정보를 일시적으로 저장하는 데이터베이스
- 위치등록(location registration)이란, 이동통신망에서 가입자의 위치정보가 변하는 경우 데이터베이스에 있는 가입자의 위치정보를 갱신해 주는 일련의 과정을 말한다. 착신호 접속을 위해서는 시스템이 이동국(MS, Mobile Station)의 현재 위치를 알고 있어야 하므로, 이동국의 위치를 VLR 및 HLR에 저장하는 위치등록 과정이 필요하게 된다. CMS(CDMA Mobile System)에서는 표 1과 같은 9가지의 위치등록 방식이 가능하다[5]. 실제 운용 시스템에서는 이러한 9가지 위치등록 방법을 모두 구현하지 않고 몇 가지 방법만 구현하더라도 운용자가 잘 이용하면 위치등록 기능을 효율적으로 수행할 수 있다.

본 연구에서 다루고자 하는 위치등록 방법은 영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법이다. 영역기준 위치등록 방법을 사용할 경우, 이동국은 새로운 영역으로 이동할 때마다 위치등록을 수행한다. 위치영역은 미리 설정되어 있어서 가입자가 이러한 위치

표 1. CMS의 위치등록 방법

위치등록 방법	등록 시기
영역기준 위치등록 (Zone-based registration)	다른 영역으로 이동시
거리기준 위치등록 (Distance-based registration)	일정거리 이동시
시간기준 위치등록 (Timer-based registration)	주기적으로
전원공급 위치등록 (Power-up registration)	전원공급시
전원차단 위치등록 (Power-down registration)	전원차단시
파라미터 변경 위치등록 (Parameter-change registration)	파라미터 변경시
명령에 의한 위치등록 (Ordered registration)	이동 교환기의 요구시
묵시적 위치등록 (Implicit registration)	발신호시
트래픽 채널 위치등록 (Traffic channel registration)	통화중 위치등록시

영역의 경계선을 넘어갈 때마다 위치등록이 발생한다. 영역기준 위치등록 방법은, 구현하기가 쉽고 위치영역을 효율적으로 설정할 수 있지만 위치영역의 경계를 넘나들며 이동 중인 가입자에 의하여 불필요한 여러 번의 위치등록이 발생할 수 있다.

거리기준 위치등록 방법을 사용할 경우, 이동국은 현재 지점 (X, Y) 와 마지막으로 위치등록을 한 지점 (X_{reg}, Y_{reg}) 간의 거리를 계산하여, 그 값이 기준거리 r 이상이면 위치등록을 수행하게 된다. 즉,

$$\sqrt{(X-X_{reg})^2+(Y-Y_{reg})^2} \geq r \quad (1)$$

을 만족할 경우, 위치등록을 수행하게 된다. 거리기준 위치등록 방법을 사용할 경우 일반적으로 영역기준 위치등록 방법에 비하여 위치등록 횟수가 증가하지만[3] 이전 위치등록이 발생한 지점에서 최소한 r만큼 이동해야 새로운 위치등록이 발생하므로 영역간 경계를 넘나들며 여러 번의 위치등록을 요구하는 핑퐁(ping-pong)현상이 발생하지 않는다. (1)식은 편평한 지구(flat earth)를 가정한 것이고 실제 지구는 구형(球形)이므로 (1)식보다 다소 복잡하다[5]. 본 연구에서는 위도, 경도의 변화를 고려하지 않으므로 (1)식으로 충분하다.

여러가지 위치등록 방법에 대한 많은 연구 결과가 발표되었다[3, 6, 10, 12, 13]. 거리기준 위치등록 방법에 대한 연구[3]나 시간기준 위치등록 방법에 대한 연구[6], 동적 위치영역 할당방법에 대한 연구[10, 13]도 발표되어 있으나, 위치등록을 다룬 많은 연구가 영역기준 위치등록 방법을 다루고 있거나 또는 영역기준 위치등록 방법을 가정하고 있다[1, 2, 4, 8, 9].

본 연구는 영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법 모두를 분석할 수 있는 이동성 모형을 제시하고 이를 이용하여 각각의 성능을 분석하고 두 방법의 성능을 비교하고자 한다. 기존의 거리기준 위치등록 방법에 대한 연구[3]는 위치영역을 정사각형으로 가정하고 있는데, 거리기준 위치등록 방법에서는 위치영역이 원형이므로 다소 무리한 가정이며 따라서 실제 결과와 수리적 분석에 의한 결과가 다소 다르게 나타난다. 따

라서 본 연구에서는 원형의 위치영역을 갖는 거리기준 위치등록 방법에 대한 새로운 이동성 모형을 제시하고 성능을 분석하고자 한다. 또한 영역기준 위치등록 방법에 대한 성능분석 결과와 비교하기 위해서는 영역기준 위치등록 방법에 대한 모형이 거리기준 위치등록 방법의 상황과 동일해야 하는데 유체흐름 모형을 이용한 기존의 연구[1, 2, 4, 8, 9] 결과로는 동일한 상황을 반영할 수가 없다. 따라서 이러한 상황을 반영할 수 있는 [3, 11]의 모형을 변형하여 영역기준 위치등록 방법에 대한 성능분석을 수행하고자 한다.

서론에 이어 2장에서는 영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법을 해석하기 위한 가입자의 이동성 모형을 각각 제시하고 3장에서는 영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법을 사용할 경우, 요구되는 VLR의 위치등록 처리용량을 구하였다. 4장에서는 위치등록 방법에 따른 위치영역내의 셀당 위치등록 부하를 분석하였다. 5장에서는 2장~4장의 결과를 이용한 수리적 예를 통하여 영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법을 비교하였다.

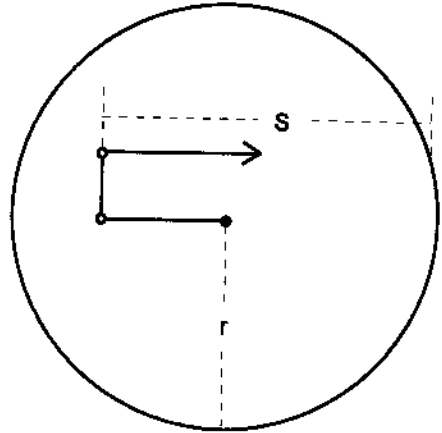
2. 가입자의 이동성 모형

일정 시간 동안 위치등록을 얼마나 하는지를 정량적으로 분석하기 위해서는 가입자의 이동성 모형이 필요하다. 이동 가입자의 움직임을 있는 그대로 모형화하기는 사실상 불가능하므로 몇 가지 가정이 필요하다. 단위 시간 동안 가입자당 위치등록 횟수를 구하기 위하여 가입자의 이동성을 다음과 같이 가정한다.

$$E(N) = \frac{E(L)}{E(X)} E(K) = \frac{E(L)}{2d} \quad (5)$$

2.2. 거리기준 위치등록 방법

거리기준 위치등록 방법에서는 마지막으로 위치등록을 한 지점으로부터 기준거리 r 이상 멀어지게 되면 위치등록을 수행하게 된다. 따라서 위치영역의 형태는 원형이 되며, 마지막으로 위치등록을 한 지점이 원의 중심이 되고 기준거리 r 이 원의 반지름이 된다. 위치영역이 시스템 설계시 고정되는 영역기준 위치등록 방법과 달리, 거리기준 위치등록 방법의 경우 위치영역은 가입자의 이동성에 따라 계속적으로 변화하며 따라서 가입자마다 다르게 설정된다. 예를 들어, 그림 2의 A에서 위치등록을 수행한 가입자가 F로 이동하는 상황을 고려해 보자. 이 가입자는 3번의 방향전환을 하여 F에 도달하는데 이동과정에서 5번의 위치등록(B, C, D, E, F)을 수행하게 된다.



- 위치등록 발생지점
- 방향전환 발생지점

그림 3. 거리기준 위치등록 방법에서 이동성 환경

점까지의 거리 S 의 확률밀도함수는 다음과 같다.

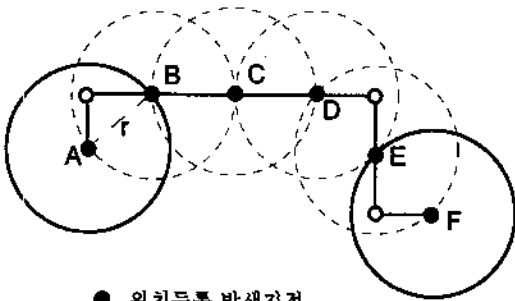
$$f_S(s) = \frac{2}{\pi r^2} \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2} \quad 0 \leq s \leq 2r \quad (6)$$

방향전환 점간의 거리 X 당 평균 위치등록 횟수 $E(K)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$E(K) = P[S < X \leq S+r] + 2P[S+r < X \leq S+2r] + \dots + nP[S+(n-1)r < X \leq S+nr] + \dots \quad (7)$$

(5)식으로 주어진 S 의 확률밀도함수와 X 가 지수분포를 따른다는 사실을 이용하여, 각 항을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$E(K) = \int_{-\infty}^{\infty} [F_X(s+r) - F_X(s)] f_S(s) ds + 2 \int_{-\infty}^{\infty} [F_X(s+2r) - F_X(s+r)] f_S(s) ds + \dots$$



- 위치등록 발생지점
- 방향전환 발생지점

그림 2. 이동성에 따른 거리기준 위치등록 방법에서의 위치영역

이와 같이 원형의 위치영역을 갖는 거리기준 위치등록 방법에서 단위시간 동안 가입자당 평균 위치등록 횟수를 구하여 보자.

임의의 지점에서 바라본 위치등록 발생지

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^{2r} \left[e^{-\frac{s}{\theta}} - e^{-\frac{s+r}{\theta}} \right] \frac{2}{\pi r^2} \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2} ds \\
 &\quad + 2 \int_0^{2r} \left[e^{-\frac{s+r}{\theta}} - e^{-\frac{s+2r}{\theta}} \right] \frac{2}{\pi r^2} \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2} ds + \dots \\
 &= \frac{2}{\pi r^2 (1 - e^{-\frac{r}{\theta}})} \int_0^{2r} e^{-\frac{s}{\theta}} \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2} ds \quad (8)
 \end{aligned}$$

다라서, 단위시간당 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 E(N) = \frac{E(L)}{E(X)} E(K) = \frac{E(L)}{\theta} \times \\
 \frac{2}{\pi r^2 (1 - e^{-\frac{r}{\theta}})} \int_0^{2r} e^{-\frac{s}{\theta}} \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2} ds \quad (9)
 \end{aligned}$$

3. VLR의 위치등록 처리용량

하나의 VLR은 일반적으로 여러 개의 위치 영역을 관리한다. 따라서 위치등록을 하나의 VLR 관점에서 보면 그림 4에서 보듯이 다음과 같은 2가지 경우가 있다.

- VLR내 위치등록 : 새로운 위치영역이 현재의 VLR 영역에 속하는 경우
- VLR간 위치등록 : 새로운 위치영역이 다른 VLR 영역에 속하는 경우

이러한 두 가지 경우를 고려하여 VLR의 위치등록 처리용량을 정의한다. VLR의 위치등록 처리용량이란 위치등록에 관련된 지연 시간을 만족하면서 최대로 처리해야 할 단위 시간당 기준 위치등록의 수를 말한다. 여기서 기준 위치등록(RLR, Reference Location Registration)으로는 VLR이 처리하는 위치등록의 여러 유형 중에서 가장 보편적인 위치

등록 형태인 VLR내 위치등록을 선택한다. 또한 VLR간 위치등록은 VLR내 위치등록에 비하여 3배의 부하가 요구되는 것으로 가정하여 [4] VLR 위치등록 처리용량을 구할 수 있다.

VLR 위치등록 처리용량(단위시간 동안 처리해야 할 기준 위치등록의 수) C는 다음과 같으며 단위는 RLR/hour이 된다. 아래 식에서 E(U)는 하나의 VLR 영역에서 발생하는 단위시간당 평균 위치등록 횟수이며 W₁은 기준부하이므로 1로 놓는다.

$$\begin{aligned}
 C &= \{W_1 \times P[E_1] + W_2 \times P[E_2]\} E(U) \\
 &= \{P[E_1] + 3 \times P[E_2]\} E(U) \quad (10)
 \end{aligned}$$

P[E₁] : VLR내 위치등록이 발생할 확률

P[E₂] : VLR간 위치등록이 발생할 확률

W₁ : VLR내 위치등록의 부하

W₂ : VLR간 위치등록의 부하

3.1 영역기준 위치등록 방법

본 연구에서는 VLR의 위치등록 처리용량을 산출하기 위한 VLR 영역을 다음 그림 4와 같이 정사각형으로 가정한다. VLR 영역의 한 변의 길이는 D이다.

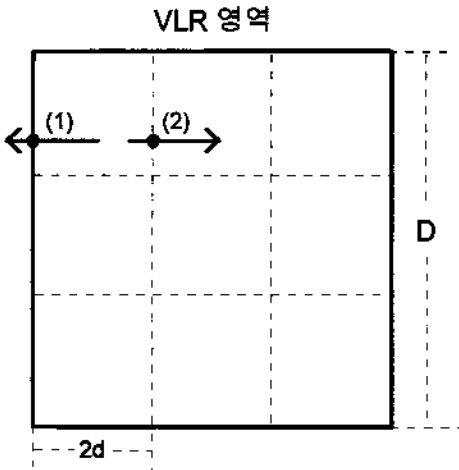
하나의 VLR 영역에서 발생하는 단위시간당 평균 위치등록 횟수는 다음과 같다.

$$E(U) = E(N) \rho D^2 = \frac{E(L) \rho D^2}{2d} \quad (11)$$

D² : VLR 영역의 면적

ρ : 단위면적당 평균 가입자수

(10)식으로 표시된 VLR 위치등록 처리용량을 구하여 보자. (10)식에서 P[E₁]과 P[E₂]는 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저 가입자가 VLR 영역내의 임의 지점에 있을 확률은 VLR



- 위치등록 발생지점
- (1) : VLR간 위치등록
- (2) : VLR내 위치등록

그림 4. VLR 영역에서의 위치등록 유형

영역내의 위치에 관계없이 어느 지점에서나 $1/D^2$ 으로 동일하다고 가정한다. $P[E_2]$ 는 그림 5와 같이 3가지 유형으로 나누어지므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P[E_2] = \sum_{i=1}^3 P[E_2 | L_i] P[L_i]$$

$$= \frac{1}{D^2} \left[16d^2 \times \frac{2}{4} + 4(D-4d)2d \times \frac{1}{4} \right] = \frac{2d}{D} \quad (12)$$

또한, VLR내 위치등록 발생 확률 $P[E_1]$ 은 다음과 같다.

$$P[E_1] = 1 - P[E_2] = 1 - \frac{2d}{D} \quad (13)$$

따라서, VLR의 위치등록 처리용량 C 는 다음과 같이 구해진다.

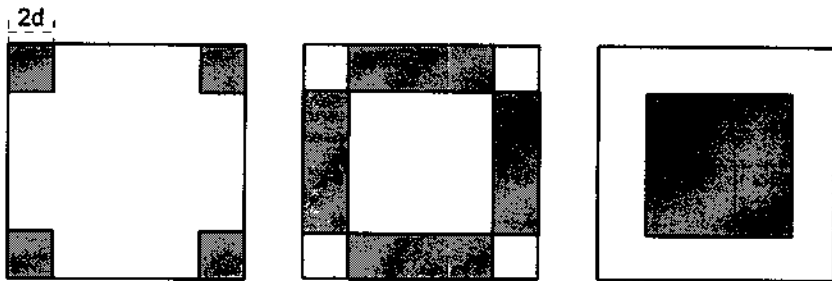
$$C = \left[\left(1 - \frac{2d}{D}\right) + 3 \times \frac{2d}{D} \right] E(U)$$

$$= \left(1 + \frac{4d}{D}\right) \frac{E(L) \rho D^2}{2d} \quad (14)$$

3.2 거리기준 위치등록 방법

거리기준 위치등록 방법일 때 VLR의 위치등록 처리용량을 산출하기 위한 VLR 영역을 영역기준 위치등록 방법에서와 마찬가지로 한 변의 길이가 D 인 정사각형으로 가정한다.

거리기준 위치등록 방법일 때 하나의 VLR



L_i	:	L_1		L_2		L_3
$P[L_i]$:	$16d^2/D^2$		$4(D-4d)2d/D^2$		$(D-4d)^2/D^2$
$P[E_2 L_i]$:	$2/4$		$1/4$		0

그림 5. VLR간 위치등록의 유형

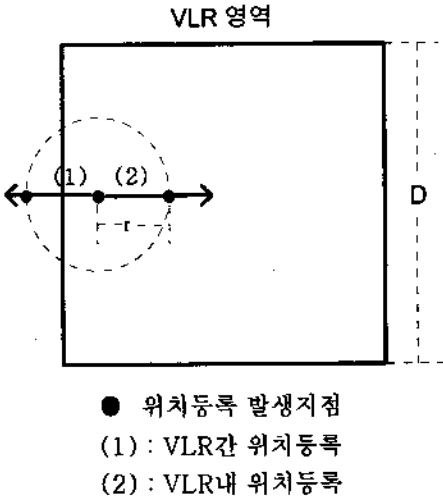


그림 6. VLR 영역에서의 위치등록 유형

영역에서 발생하는 단위시간당 평균 위치등록 횟수는 다음과 같다.

$$E(U) = E(N) \rho D^2 = \frac{E(L)}{\theta} \frac{2 \rho D^2}{\pi r^2 (1 - e^{-\frac{r}{\theta}})} \times \int_0^{2r} e^{-\frac{s}{\theta}} \sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2} ds \quad (15)$$

D^2 : VLR 영역의 면적
 ρ : 단위면적당 평균 가입자수

영역기준 위치등록 방법에서와 마찬가지로 VLR 위치등록 처리용량 C는 (11)식과 같다. 영역기준 위치등록 방법의 경우와 유사하게 $P[E_1]$ 과 $P[E_2]$ 를 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저 가입자가 VLR 영역내의 임의의 지점에 있을 확률은 VLR 영역내의 위치에 관계없이 어느 지점에서나 $1/D^2$ 으로 동일하다고 가정한다. $P[E_1]$ 는 앞서의 그림 4와 유사하게 3가지 유형으로 나누어진다. 그런데 영역기준 위치등록 방법의 경우, VLR간 위치등록이 일

어나는 부분이 VLR의 경계로부터 $2d$ 이내인데 비하여, 거리기준 위치등록 방법에서는 VLR간 위치등록이 일어나는 부분이 VLR의 경계로부터 r 이내로 달라진다. 그림 7에서 이를 설명하면 다음과 같다.

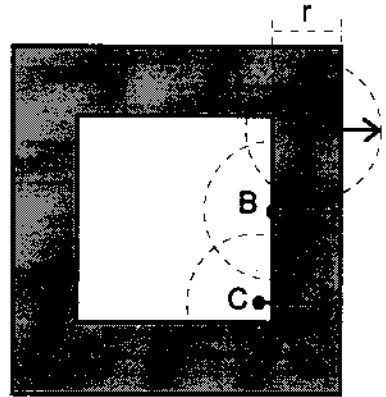


그림 7. 거리기준 위치등록 방법에서 VLR간 위치등록이 가능한 영역

A나 B 지점에서 위치등록을 수행한 가입자는 다음 위치등록이 VLR간 위치등록일 수도 있으나 C 지점에서 위치등록을 수행한 가입자는 다음 위치등록이 VLR간 위치등록일 수가 없다. A, B, C 지점에서 위치등록을 수행한 가입자가 위치등록없이 이동할 수 있는 직선거리는 최대 r 이므로, 경계선으로부터 r 이상 떨어져 있는 가입자는 다음 위치등록이 VLR간 위치등록일 수가 없다.

따라서 그림 5에서 $2d$ 를 r 로 바꾸면 다음 결과를 얻는다(부록 참조).

$$P[E_2] = \sum_{i=1}^3 P[E_2|L_i]P[L_i]$$

$$= \frac{1}{D^2} \left[4r^2 \times \frac{7}{4\pi} + 4(D-2r)r \times \frac{1}{\pi} \right] = \frac{r(4D-r)}{\pi D^2} \quad (16)$$

또한, VLR내 위치등록 발생 확률 $P[E_1]$ 은 다음과 같다.

$$P[E_1]=1-P[E_2]=1-\frac{r(4D-r)}{\pi D^2} \quad (17)$$

따라서, VLR의 위치등록 처리용량 C 는 다음과 같이 구해진다.

$$C=[(1-\frac{r(4D-r)}{\pi D^2})+3 \times \frac{r(4D-r)}{\pi D^2}]E(U) \\ = [1+\frac{2r(4D-r)}{\pi D^2}] \frac{2 \rho D^2}{\theta} \times \frac{1}{\pi r^2(1-e^{-\frac{r}{\theta}})} \\ \int_0^{2r} e^{-\frac{s}{\theta}} \sqrt{r^2-(\frac{s}{2})^2} ds \quad (18)$$

4. 셀당 위치등록 부하

위치등록 방법에 따른 위치영역내의 셀당 위치등록 부하를 분석하기 위하여 하나의 위치영역은 n^2 개의 셀로 구성된다고 가정한다. 영역기준 위치등록 방법에서 하나의 위치영역이 3^2 개의 셀로 구성되는 경우를 그림 8에 예시하였다.

거리기준 위치등록 방법일 경우, 위치영역이 원형이므로 위치영역내에 n^2 개 셀을 그림 8과 같이 명시적으로 나타낼 수가 없다. 그러나 위치영역의 경계에 접한 셀에만 위치등록 부하가 걸리는 영역기준 위치등록 방법과는 달리 거리기준 위치등록 방법에서는 위치영역내 모든 셀이 동일한 위치등록 부하를 가지므로, 하나의 위치영역은 n^2 개의 셀로 구성된다는 가정으로부터 셀당 위치등록 부하는 위치영역의 부하를 n^2 으로 나눈 값이 된다.

위치영역

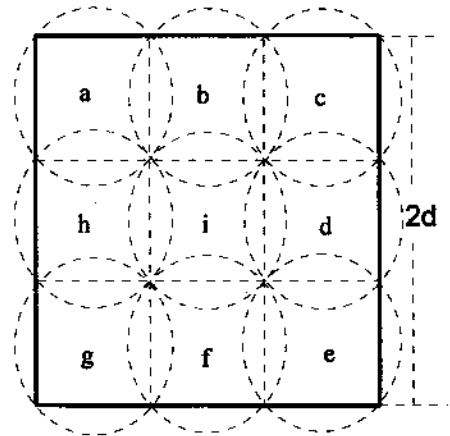


그림 8. 영역기준 위치등록 방법에서 하나의 위치영역이 3^2 개의 셀로 구성되는 경우

4.1 영역기준 위치등록 방법

영역기준 위치등록 방법에서는 위치등록 부하가 위치영역의 경계선과 접하고 있는 셀에만 가해진다. 그림 6과 같은 환경에서는 a~h 셀에만 위치등록 부하가 가해지며 특히 위치영역의 모서리 부분에 위치한 a, c, e, g 셀에 많은 위치등록 부하가 가해진다. 가장 부하가 많은 셀이 위치등록 방법의 성능을 좌우하게 될 것이므로 모서리 부분에 위치한 셀의 부하를 구하여 보자. 위치영역의 경계선과 접하고 있는 셀의 수는 $n^2-(n-2)^2=4n-4$ 개 이므로 위치영역의 모서리 부분에 위치한 셀에 가해지는 부하는 다음과 같다.

$$C_{cell}^{zbr} = \begin{cases} \frac{E(N) \rho (2d)^2}{4n} \times 2 = \frac{\rho d E(L)}{n} & n \geq 2 \\ E(N) \rho (2d)^2 = 2 \rho d E(L) & n = 1 \end{cases} \quad (19)$$

4.2 거리기준 위치등록 방법

거리기준 위치등록 방법에서는, 특정 위치 영역만을 생각하면 위치영역의 경계에 위치한 셀에만 위치등록 부하가 가해지지만, 위치영역 자체가 고정된 것이 아니고 가입자의 이동성에 따라 변할 수 있으며, 또한 가입자 별로 서로 다른 위치영역이 설정되므로 각 셀의 위치등록 부하는 추계적으로 동일하다. 즉, 특정 셀의 입장에서 보면, 동일한 셀이 A 가입자에 대한 위치영역에서는 경계에 위치하지만 B 가입자에 대한 위치영역에서는 내부에 위치할 수 있으며 C 가입자에 대한 위치영역에는 속하지 않을 수가 있다. 따라서 어떤 셀이 위치영역의 경계에 위치할 확률은 셀의 위치에 관계없이 동일하므로 모든 셀의 부하가 동일하다고 가정할 수 있다. 따라서 거리기준 위치등록 방법에서 셀당 위치등록 부하는 다음과 같다.

$$C_{cell}^{dbr} = \frac{E(N) \rho \pi r^2}{n^2} = \frac{2 \rho E(L)}{n^2 \theta (1 - e^{-\frac{r}{\theta}})} \times \int_0^{2r} e^{-\frac{s}{\theta}} \sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2} ds \quad (20)$$

5. 영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법의 성능비교

영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법을 성능면에서 비교해 보자. 두 가지 방법의 위치영역 면적이 동일해야 특정 착신호에 대한 페이징 부하가 같아져서 동일 조건에서의 비교가 될 것이다. 정사각형 형태의 위치영역을 갖는 영역기준 위치등록 방법에서 한 변의 길이를 2d라 하고 원형 위치

영역을 갖는 거리기준 위치등록 방법에서 원의 반지름을 r이라 하면, 두 가지 방법의 위치영역 면적이 동일할 조건은 $r = \frac{2d}{\sqrt{\pi}}$ 이 된다. 성능분석을 위한 시스템의 상황을 다음과 같이 가정한다.

- d=5km
- E(L)=20km
- D=30km

ρ 는 편의상 10을 가정하였다. 두 가지 방법에 대하여 (5), (9), (14), (18)~(20)식을 이용하여 성능을 비교하였다.

5.1. 방향전환간 평균 이동거리 θ 의 변화에 따른 위치등록 횟수

먼저 방향전환하기까지의 이동거리 θ 를 변화시켜 가면서 위치등록 횟수를 구하면 그림 9와 같다.

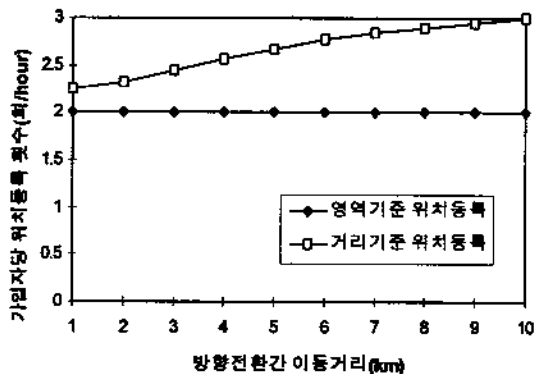


그림 9. 방향전환간 평균 이동거리 θ 의 변화에 따른 가입자당 위치등록 횟수

(5)에서 알 수 있듯이 영역기준 위치등록 방법에서 위치등록 횟수는 θ 와 무관하다. θ

값이 커지면 (4)식으로 표시되는 방향전환 점간의 거리당 평균 위치등록 횟수 $E(K)$ 는 증가하지만 단위시간의 이동거리당 방향전환 횟수 $E(L)/E(X)$ 는 줄어드는데 이러한 반대 방향으로의 영향이 정확히 상쇄되기 때문이다. 반면에 거리기준 위치등록 방법에서는 θ 값이 커질 경우, 단위시간의 이동거리당 방향전환 횟수 $E(L)/E(X)$ 의 감소효과보다는 방향전환 점간의 거리당 평균 위치등록 횟수 $E(K)$ 의 증가가 보다 크게 나타나므로 θ 값이 커지면 위치등록 횟수가 증가하게 된다.

그림에서 보면 단위시간당 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수 $E(N)$ 은 항상 거리기준 위치등록 방법이 영역기준 위치등록 방법보다 많음을 알 수 있다. 그 차이는 θ 값이 커짐에 따라 더욱 커져서 θ 값이 매우 커지면 약 2배가 된다.

영역기준 위치등록 방법에서는 고정된 위치영역을 가지므로 위치영역의 경계선 부근에서 움직이는 가입자가 영역간 경계를 넘나드는 현상이 발생할 수 있다. 그러나 거리기준 위치등록 방법에서는 위치등록이 발생한 지점을 중심으로 기준거리 r 만큼 떨어진 지점들이 새로운 위치영역의 경계를 형성하므로 다음 위치등록은 최소한 r 만큼은 이동해야 가능하다. 따라서 영역간 경계를 넘나들며 여러 번의 위치등록을 요구하는 현상이 발생하지 않는다.

이러한 거리기준 위치등록 방법의 장점은, θ 값이 커서 방향전환이 자주 발생하지 않는 환경에서는 거의 나타나지 않지만 θ 값이 작아서 방향전환이 자주 발생할 경우에는 효과가 나타나서 θ 값이 클 때에 비하여 거리기준 위치등록 방법의 성능이 현저히 향상된다.

그러나 단위시간당 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수 $E(N)$ 은 여전히 거리기준 위치등록 방법이 영역기준 위치등록 방법보다 많다.

거리기준 위치등록 방법의 가입자당 평균 위치등록 횟수가 크다고 해서 시스템 차원에서의 부하가 항상 많은 것은 아니며 운용환경에 따라서는 거리기준 위치등록 방법이 우수한 성능을 가질 수도 있다. 그림 5와 그림 7, 또는 (13)식과 (17)식을 비교해 보면 동일한 면적의 VLR 영역에서 영역기준 위치등록 방법에 비하여 거리기준 위치등록 방법에서 VLR간 위치등록이 적게 발생하는데 이는 위치등록 처리용량 측면에서는 상당한 이득을 가져온다. 위치등록 처리용량을 나타낸 그림 10에서 이러한 현상을 확인할 수 있다. 즉 그림 9의 $E(N)$ 은 항상 거리기준 위치등록 방법이 영역기준 위치등록 방법보다 많게 나타나지만 그림 10의 위치등록 처리용량은 영역기준 위치등록 방법이 거리기준 위치등록 방법보다 많은 경우도 있음을 알 수 있다. 이는 5.2절에서 다시 언급한다.

셀의 위치등록 부하는 그림 11과 같다. 거

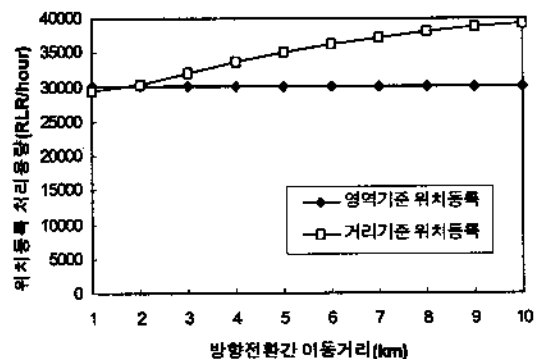


그림 10. 방향전환간 평균 이동거리 θ 의 변화에 따른 위치등록 처리용량

리기준 위치등록 방법에서는 모든 셀에 위치등록 부하가 분산되기 때문에, 위치영역의 경계 셀에 부하가 집중되는 영역기준 위치등록 방법에 비하여 셀의 위치등록 부하가 작게 나타난다. 이러한 현상은 5.3절에서 다시 언급한다.

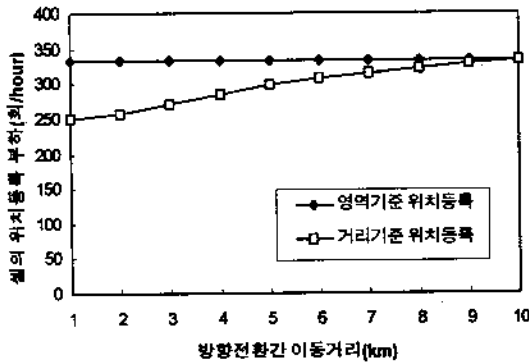


그림 11. 방향전환간 평균 이동거리 θ 의 변화에 따른 셀의 위치등록 부하

5.2 VLR당 위치영역 갯수의 변화에 따른 위치등록 횟수

VLR 영역을 고려하여 VLR간 위치등록까지 반영하면 두 방법의 성능이 다소 달라진다. 이러한 상황을 고려하기 위하여 $D=30$ km, $\theta=2$ km로 고정시킨 상태에서 d 를 달리하여 VLR내 위치영역 수를 달리해 가면서 위치등록 횟수와 위치등록 처리용량을 구하면 그림 12, 그림 13과 같다.

그림 12에서 보면 단위시간당 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수 $E(N)$ 은 항상 거리기준 위치등록 방법이 영역기준 위치등록 방법보다 많음을 알 수 있다. 그러나 그림 13의 위치등록 처리용량은, VLR내 위치영역의 수가 1, 4일 경우 영역기준 위치등록 방법이 거리기준 위치등록 방법보다 많게 나타난다.

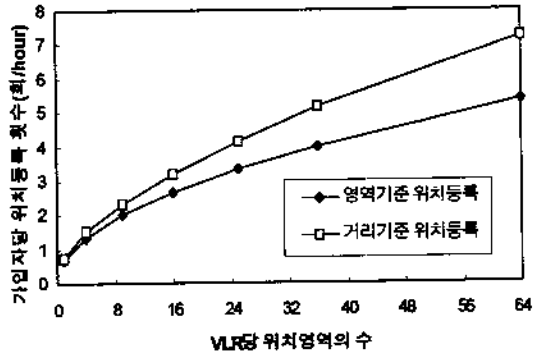


그림 12. VLR당 위치영역 수의 변화에 따른 가입자당 위치등록 횟수

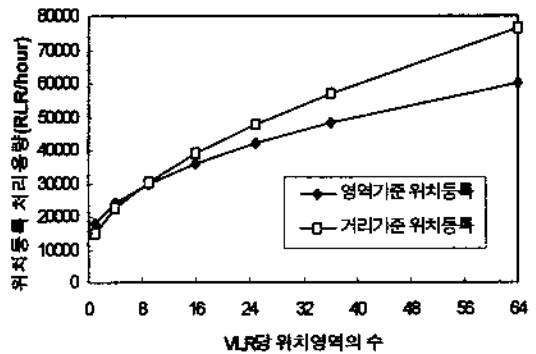


그림 13. VLR당 위치영역 수의 변화에 따른 위치등록 처리용량

이는 VLR 영역내의 총 위치등록 부하중에서 VLR간 위치등록이 차지하는 비율이 영역기준 위치등록 방법의 경우 거리기준 위치등록 방법의 경우보다 크게 나타나기 때문이다. 예를 들어 VLR내 위치영역의 수가 4일 경우를 보자. 영역기준 위치등록 방법의 경우, VLR 영역내의 총 위치등록 부하중에서 VLR간 위치등록이 차지하는 비율이 $\frac{2d}{D}=0.5$ 인 반면 거리기준 위치등록 방법의 경우 $\frac{r(4D-r)}{\pi D^2} = \frac{8r\sqrt{\pi-1}}{4\pi^2}$

0.334이므로 VLR간 위치등록 부하에 대한 가중치를 고려하면 영역기준 위치등록 방법의 위치등록 처리용량이 더 큰 값을 갖게 되는 것이다. 그러나 VLR내 위치영역의 수가 16인 경우, VLR 영역내의 총 위치등록 부하중에서 VLR간 위치등록이 차지하는 비율이 영역기준 위치등록 방법의 경우 $\frac{2d}{D} = 0.25$, 거리기준 위치등록 방법의 경우

$$\frac{r(4D-r)}{\pi D^2} = \frac{16\sqrt{\pi-1}}{16\pi^2} = 0.173$$

으로 VLR간 위치등록 부하에 대한 가중치를 고려하여도 영역기준 위치등록 방법의 위치등록 처리용량이 작은 값을 갖게된다. 일반적으로 VLR내 위치영역의 수가 많으면 영역기준 위치등록 방법이 유리하고 VLR내 위치영역의 수가 적으면 거리기준 위치등록 방법이 유리하다고 할 수 있다.

5.3. 위치영역당 셀 수의 변화에 따른 셀의 위치등록 부하

위치영역내 셀 수의 변화에 따른 셀내 위치등록 부하의 변화는 그림 14와 같다. 거리기준 위치등록 방법에서는 모든 셀에 위치등록 부하가 분산되기 때문에, 위치영역의 경계 셀에 부하가 집중되는 영역기준 위치등록 방법에 비하여 셀의 위치등록 부하가 작게 나타난다. 이러한 현상은 특히 셀 수를 증가 시킴에 따라 현저하게 나타나는데 이는 위치영역의 면적은 일정한데 경계에 인접한 셀이 차지하는 면적이 줄어들어 따라 영역기준 위치등록 방법에서 위치등록을 처리해야 하는 셀의 부하가 증가하기 때문이다. 즉 그림 14에서 위치영역내 셀 수가 증가함에 따라 거리기준 위치등록 방법에서 셀의 위치등록 부

하에 비하여 영역기준 위치등록 방법에서 셀의 위치등록 부하가 상대적으로 매우 더디게 감소하여 {영역기준 위치등록에서 셀의 위치등록 부하/거리기준 위치등록 부하} 값이 현저하게 증가함을 알 수 있다. 셀의 위치등록 부하 관점에서 보면 위치영역 전체의 셀에 위치등록 부하가 고루 분산되는 거리기준 위치등록 방법이, 위치영역 경계에 인접한 셀에 부하가 집중되는 영역기준 위치등록 방법에 비하여 유리함을 알 수 있다.

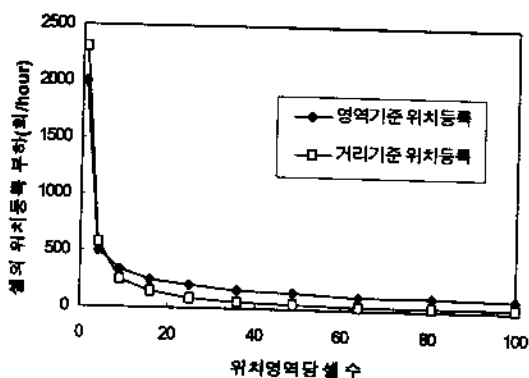


그림 14. 위치영역당 셀 수의 변화에 따른 셀의 위치등록 부하

6. 결 론

본 연구에서는 영역기준 위치등록 방법과 거리기준 위치등록 방법에 대하여 성능분석을 위한 모형을 제시하고 이를 이용하여 각각의 성능을 분석하고 두 방법의 성능을 비교하였다. 분석결과에 따르면 위치등록 횟수는 일반적으로 영역기준 위치등록 방법보다는 거리기준 위치등록 방법을 사용할 경우 크게 나타난다. 방향전환간 평균 이동거리가 클수록 이러한 현상이 두드러져서 평균 이동거리가 매우 커지면 거리기준 위치등록 방법

에서의 위치등록 횟수가 영역기준 위치등록 방법의 위치등록 횟수의 2배 정도가 된다. 반면에 셀당 위치등록 부하 측면에서는, 위치 영역 전체의 셀에 위치등록 부하가 고루 분산되는 거리기준 위치등록 방법이 위치영역 경계에 인접한 셀에 부하가 집중되는 영역기준 위치등록 방법에 비하여 유리하다. 또한 VLR간 위치등록이 VLR내 위치등록에 비하여 많은 부하를 필요로 하므로 시스템 운용 환경에 따라서는 거리기준 위치등록 방법에서의 VLR 위치등록 처리용량이 영역기준 위치등록 방법에 비하여 작을 수도 있다.

따라서 시스템의 운용환경 및 구현의 복잡성 등을 고려하여 적절한 위치등록 방법을 채택하여야 하며 채택된 위치등록 방법은 시스템의 운용환경에 따라 파라미터 값을 변경하여 운용할 수 있도록 구현하여야 한다. 또한 본 연구에서 다루지 않은 여러 가지 위치등록 방법들에 대해서도 상호간의 절충(trade-off) 관계를 고려하여 성능을 비교분석할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김광식, 한영남, "최적 위치영역 설정에 관한 연구," JCCI'94, pp.641-644, 1994.
- [2] 김광식, 조무호, 한영남, 조경록, 한기철, "CMS에서의 위치등록 방식," 통신학회 하계학술발표회 논문집, pp.57-60, 1995.
- [3] 백장현, 조기성, 손창수, "거리기준에 의한 위치등록 방식의 분석," 통신학회 하계학술발표회 논문집, pp.44-48, 1995.
- [4] 장희선, 임석구, 박상택, 유제훈, "개인휴대통신 환경에서의 최적 위치영역을 고려한 위치등록 처리용량 분석 : 무선 신호 트래픽 최소화 방법." 한국통신학회 추계학술발표회 논문집, pp. 549-552, 1994.
- [5] EIA/TIA/IS-95, "MS-BS Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System," July, 1993.
- [6] F. V. Baumann, and I. G. Niemegeers, "An Evaluation of Location Management Procedures," Proc. IEEE 1994 Int. Conf. on Universal Personal Communications, pp. 359-364, 1994.
- [7] G. Colombo et al., "Mobility Control Load in future Personal Communication Networks," Proc. IEEE 1993 Int. Conf. on Universal Personal Communications, pp. 113-117, 1993.
- [8] H. Xie, S. Tabbane, and D. J. Goodman, "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis," Proc. IEEE 1993 Vehicular Technology Conf., pp.536-539, 1993.
- [9] K. S. Meier-Hellstern, and E. Alonso, "The Use of SS7 and GSM to Support High Density Personal Communications," Proc. 1992 Int. Conf. on Communications, pp. 1698-1702, 1992.
- [10] S. Ito, "Proposal for Personal Communication Network Architecture and Location Registration Method," Proc. IEEE 1994 Int. Conf. on Universal Personal Communications, pp.354-358, 1994.
- [11] T. S. Kim, and D. K. Sung, "The Effects of Handoffs on Microcell-Based PCN Networks," Proc. IEEE 1994 Global

Telecommunications Conf., pp.1316-1320, 1994.

[12] Y. B. Lin, A. Noerpel, "Implicit Deregistration in a PCS Network," IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol.43, no.4, pp.1006-1010, 1994.

[13] S. Okasaka, S. Onoe, S. Yasuda, and A.

Maebara, "A New Location Updating Method for Digital Cellular Systems," Proc. IEEE 1991 Vehicular Technology Conf., pp.345-350, 1991.

96년 10월 최초 접수, 97년 6월 최종 수정

부 록

거리기준 위치등록의 경우 VLR간 위치등록의 발생확률을 구하기 위하여 VLR간 위치등록이 발생할 수 있는 영역을 다음과 같이 두 경우로 나누어 생각해 보자.

- 1) 모서리를 제외한 경계선 인접 부분에서 발생하는 경우(L₂)
해당 부분을 확대한 그림 A.1을 살펴보자.

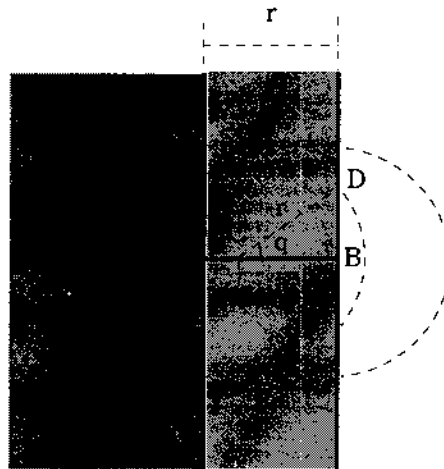


그림 A.1 모서리를 제외한 경계선 인접부분에서의 위치등록

AB위의 임의의 지점을 C라 하고 C에서의 거리가 r인 VLR 경계상의 점을 D라 하자. $\angle DCB = \theta$, $CB = p \times r$ 이라 하면, p의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(p)=1, \quad 0 \leq p \leq 1$$

이 경우 $\cos \theta = p$ 가 성립하며 $0 \leq p \leq 1$ 일 때 $\cos \theta$ 는 감소함수이므로, θ 의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$g(\theta) = \sin \theta, \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \quad (\text{A1})$$

그림에 정의된 C 지점에서 위치등록한 가입자의 다음 위치등록 지점이 다른 VLR에 속할 확률은 $\frac{2\theta}{2\pi} = \frac{\theta}{\pi}$ 가 되며 θ 의 확률밀도함수를 이용하면, 임의의 지점에서 위치등록한 가입자의 다음 위치등록 지점이 다른 VLR에 속할 확률은 다음과 같다.

$$P[E_2 | L_2] = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\theta}{\pi} \sin \theta d\theta = \frac{1}{\pi} \quad (\text{A2})$$

2) 모서리 부분에서 발생하는 경우(L₁)

모서리 부분을 확대한 그림 A.2를 살펴보자.

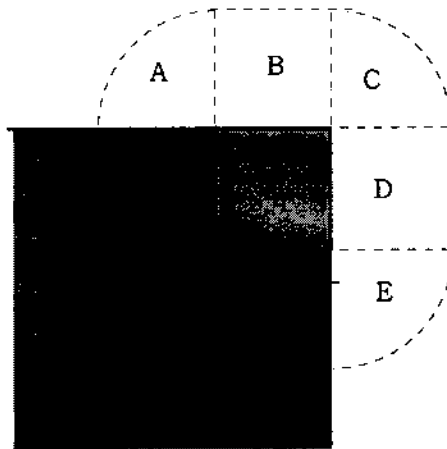


그림 A.2 모서리부분에서의 위치등록

그림에 표시된 모서리 부분의 임의의 지점에서 위치등록한 가입자의 다음 위치등록 지점이 다른 VLR에 속하려면 위 그림의 A, B, C, D, E에서 다음 위치등록이 이루어져야 한다.

모서리 부분의 임의의 지점에서 위치등록한 가입자의 다음 위치등록 지점이 다른 VLR에 속할 확률은, 모서리에서의 이동을 1)에서와 같이 모서리가 아닌 경계에서의 X 요소와 Y 요소

로 각각 나누어 생각하면 C에서만 겹치게 되므로 이 부분만 빼 주면 된다. 따라서 다음 값을 얻을 수 있다.

$$P[E_2|L_1] = \left(\frac{1}{\pi + \pi}\right) - \frac{1}{\pi} \times \frac{1}{4} = \frac{7}{4\pi} \quad (A3)$$

따라서 거리기준 위치등록의 경우 VLR간 위치등록의 발생확률은 다음과 같다.

$$P[E_2] = \sum_{i=1}^3 P[E_2|L_i]P[L_i] = \frac{1}{D^2} \left[4r^2 \times \frac{7}{4\pi} + 4(D-2r)r \times \frac{1}{\pi} \right] = \frac{r(4D-r)}{\pi D^2} \quad (A4)$$