

# 착신호를 고려한 거리기준 위치등록 방법의 성능분석

임 석 구<sup>†</sup> · 장 희 선<sup>††</sup> · 조 기 성<sup>†††</sup>

## 요 약

본 논문에서는 호의 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식을 제안하고 성능을 평가하였다. 이를 위해 이동성 모형을 제시하고, 이를 이용하여 제안한 방식의 성능을 분석하였다. 분석 결과 거리기준 위치등록 방식은 영역기준 위치등록 방식에 비하여 위치등록이 자주 발생하지만 위치등록 부하가 위치영역 내 모든 셀에 분산된다. 반면에 호의 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식의 위치등록 부하는 영역기준 위치등록 방식과 비슷한 수준이면서도 위치등록 부하가 위치영역 내 모든 셀에 분산되기 때문에 한정된 무선자원을 효율적으로 사용할 수 있다.

## Performance Analysis of Distance-based Location Registration Scheme Considering Terminating Call

Seog-Ku Lim<sup>†</sup> · Hee-Seon Jang<sup>††</sup> · Kee-Seong Cho<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose and evaluate the performance distance-based registration considering call arrival. We propose the mobility model, which can be used to analyze the performance of proposed registration schemes. Numerical results show that zone-based registration needs less number of registration than distance-based registration. On the other hand, the registration load of the distance-based registration is equally distributed to all cells in a location area. However, the registration load of the distance-based registration considering call arrival is similar to that of zone-based registration and equally distributed to all cells in a location area. Therefore, the proposed scheme can be effectively used restricted radio resources.

키워드 : 위치등록(Location Registration), 영역기준(Zone-based), 거리기준(Distance-based)

### 1. 서 론

최근 고도정보화 사회로의 진전에 따라 정보교환의 역할이 증대되고 있으며 특히 복잡, 다양화되는 사회 속에서 이동중인 가입자 또는 단말기들 사이의 정보교류를 가능하게 하는 이동통신 분야의 중요성이 증대되고 있다.

이동통신망에서는 단말의 이동성과 관련하여 가입자의 위치정보를 HLR(Home Location Register)과 VLR(Visitor Location Register) 데이터베이스에 저장하여 관리한다. 위치등록(Location Registration)이란 이동가입자가 Power on/off 시 또는 주기적인 시간 간격으로 현재의 위치를 등록하거나 이동으로 인해 가입자의 위치가 변하는 경우 데이터베이스에 자신의 위치정보를 갱신하는 일련의 과정을 말한다. 즉 이동가입자로 착신호를 접속하기 위해서는 이동가입자는 자신의 현재 위치를 망에게 알려 주어야 한다.

현재 IS-95에는 9가지의 위치등록 방식이 정의되어 있으며[1], 위치등록 방식은 크게 가입자측 주도에 의한 위치등록과 망측 주도에 의한 위치등록 방식으로 분류할 수 있다. 가입자측 주도에 의한 위치등록은 영역기준(Zone-based) 위치등록, 거리기준(Distance-based) 위치등록, 시간기준(Timer-based) 위치등록, 전원공급(Power-up) 위치등록, 전원차단(Power-down) 위치등록 그리고 파라미터 변경(Parameter-change) 위치등록 방식이 있으며, 망측 주도에 의한 위치등록은 명령에 의한(Ordered) 위치등록, 묵시적(Implicit) 위치등록 그리고 트래픽 채널(Traffic channel) 위치등록 방식이 있다.

현재까지 위치등록에 관한 많은 연구결과가 발표되었는데 이 중에서 대부분은 영역기준 위치등록 방식에 대한 연구이거나 영역기준 위치등록 방식을 가정하고 있다[2-4]. 또는 거리기준 위치등록 방식에 관한 연구[5]와 시간기준 위치등록 방식에 관한 연구[6] 그리고 동적 위치영역 할당방법에 관한 연구[7, 8]도 발표되었다.

본 논문에서 다루고자 하는 위치등록 방법은 영역기준 위

† 정 회 원 : 천안대학교 정보통신학부 교수  
 †† 정 회 원 : 천안의국어대학 컴퓨터정보과 교수  
 ††† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 책임연구원  
 논문접수 : 2002년 5월 4일, 심사완료 : 2002년 12월 26일

치등록 방식과 거리기준 위치등록 방식인데 영역기준 위치등록 방식은 미리 설정된 위치영역을 가입자가 위치영역의 경계선을 통과할 때마다 위치등록이 발생하는 방식이며, 거리기준 위치등록 방식은 가입자의 현재 위치와 마지막으로 위치등록을 한 지점간의 거리를 계산하여 그 값이 기준거리 이상이면 위치등록을 수행하는 방식이다. 거리기준 위치등록 방식은 영역기준 방식에 비하여 위치등록 횟수가 증가하지만[5,9] 마지막으로 위치등록이 발생한 지점에서 최소한 기준거리 이상으로 이동해야만 위치등록이 발생하므로 영역간의 경계를 넘나들며 여러 번의 위치등록을 요구하는 현상은 발생하지 않는다. 또한 영역기준 위치등록 방식은 위치영역의 경계에 위치한 셀에 위치등록 부하가 집중되는 반면에 거리기준 위치등록 방식은 위치영역 내 모든 셀에 위치등록 부하가 분산되는 장점을 갖고 있다[9].

따라서 본 논문에서는 위치등록 횟수가 영역기준 위치등록 방식과 비슷한 수준을 유지하면서 동시에 위치영역 내 모든 셀에 위치등록 부하가 분산되는 거리기준 위치등록 방식의 장점을 이용하는 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식을 제안한다. 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식은 기본적으로 거리기준 위치등록 방식과 동일한 형태로 운용되지만 가입자가 이동하는 동안 가입자가 호를 발신하거나 또는 가입자로 호가 착신되는데, 이때 이동 가입자로 호를 접속하기 위한 호 설정(Setup) 메시지 내에 포함된 위치정보(위도, 경도)를 이용하여 기준거리 이상 멀어지기 이전에 호가 도착하면 그 지점을 중심으로 새로운 위치영역을 구성하여 위치등록 부하를 줄이는 방식이다.

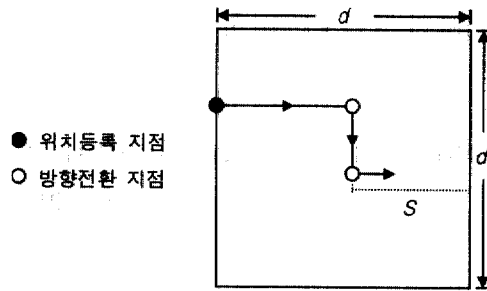
서론에 이어 2장에서는 영역기준 위치등록 방식, 거리기준 위치등록 방식 그리고 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식을 해석하기 위한 이동성 모델을 통해 가입자당 위치등록 횟수를 산출하고, 3장에서는 각 방식별 위치등록 및 페이징을 위한 신호정보량을 최소화하는 최적 위치영역의 크기를 산출한다. 4장에서는 위치영역의 크기가 최적인 상태에서 각 방식의 성능을 비교, 분석하며 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 이동성 모델 및 위치등록 횟수

가입자의 이동성 모델을 설정하기 위하여 기본적인 가정이 필요한데 가입자는 직선운동을 하고 방향전환은 동서남북 4가지 방향으로만 가능하며 방향전환 점간의 거리  $X$ 는 평균이  $\lambda$ 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 또한 이동성 모델을 설정하기 위한 확률변수로는 위치영역 내 임의의 지점에서 바라본 위치등록 발생지점까지의 거리를  $S$ 라 하고 방향전환 점간의 거리당 위치등록 횟수를 확률변수  $K$ 라고 정의한다. 이러한 이동성을 가정하여 영역기준 위치등록, 거리기준 위치등록 그리고 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식에서 단위시간 동안 가입자당 위치등록 횟수를 산출한다.

2.1 영역기준 위치등록 방식

영역기준 위치등록 방법에서는 (그림 1)과 같이 도시계획에 의해 형성된 시가지에서 도로의 형태를 고려하여 위치영역은 한 변의 길이가  $d$ 인 정사각형의 모양을 갖고 있으며 또한 가입자는 직선운동을 하고 방향전환은 동서남북 4가지 방향으로만 가능하다고 가정한다. 가입자의 방향전환간 이동거리가 지수분포를 따르므로 방향전환 지점은 위치영역 내에 임의의 지점이 될 것이다.



(그림 1) 영역기준 방식에서 위치영역의 모양 및 가입자의 이동성

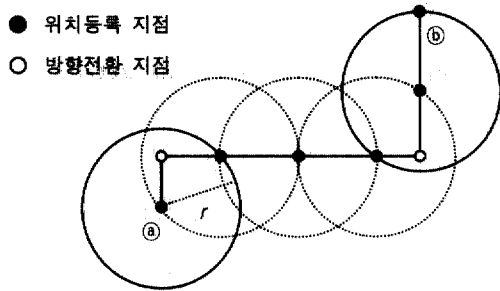
영역기준 방식에서 단위시간 동안 가입자의 평균 속도를  $\bar{V}$ 라 하면, 단위시간 동안 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수  $\bar{N}$ 는 다음 식 (1)과 같이 산출된다[9].

$$\bar{N} = \frac{\bar{V}K}{X} = \frac{\bar{V}}{d} \tag{1}$$

2.2 거리기준 위치등록 방식

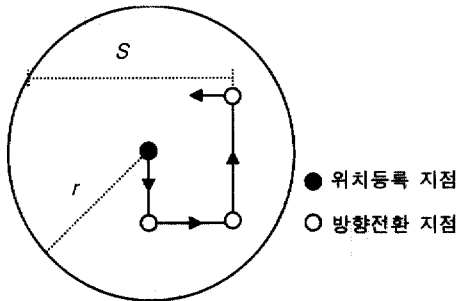
이동 가입자는 최초에 Power-on하여 전원공급 위치등록 (Power-up Registration)을 수행한 후 휴지 상태 (Idle State)에서 기지국간을 이동하게 된다. 거리기준 위치등록 방식은 최초에 자신이 등록한 지역의 위치정보(위도, 경도, 위치등록 범위)를 임시 기억장소에 입력시켜둔 다음 인접 셀로 이동하면 등록된 셀의 위치정보와 현재 셀의 위치정보를 비교하여 기준 거리 이상이 되면 위치등록을 수행하는 방식이 거리기준 위치등록 방식이다. 이때 위치등록 수행시 현재 위치한 지역의 위치정보가 임시 기억장소에 갱신된다.

위치영역의 크기가 망 설계시 지리적으로 고정되는 영역기준 위치등록 방식과는 달리 거리기준 위치등록 방식에서는 가입자의 이동성에 따라 위치영역이 계속적으로 변화하므로 가입자마다 다르게 설정된다. 즉, 거리기준 위치등록 방식에서는 위치등록을 수행한 지점으로부터 기준거리  $r$  이상 멀어지면 위치등록을 수행하는 방식이므로 위치영역의 형태는 원형이 된다. 예를 들어 (그림 2)에 나타낸 바와 같이 ㉔에서 위치등록을 수행한 가입자가 ㉕지점까지 이동하는 상황에서 가입자는 2번의 방향전환을 하며 이 과정에서 5번의 위치등록 과정을 수행한다.



(그림 2) 거리기준 방식에서의 이동성에 따른 위치영역의 변화

이와 같이 원형의 위치영역을 갖는 거리기준 위치등록 방법에서도 (그림 3)과 같이 가입자는 직선운동을 하며 방향전환은 동서남북 4가지 방향으로만 가능하다고 가정한다.



(그림 3) 거리 기준 방식에서 위치영역의 모양 및 가입자의 이동성

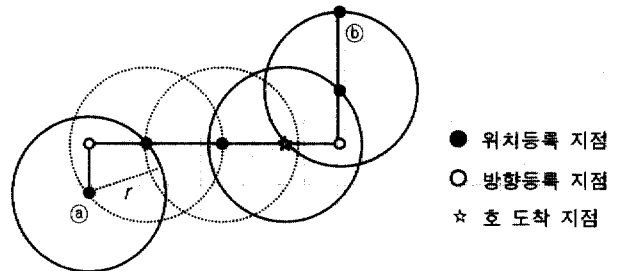
거리기준 방식에서 단위시간 동안 가입자의 평균 속도를  $\bar{V}$ 라 하면, 단위시간 동안 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수  $\bar{N}$ 는 다음 식 (2)와 같이 산출된다[9].

$$\bar{N} = \frac{\bar{V}K}{X} = \frac{\bar{V}}{\xi} \times \frac{2}{\pi r^2(1-e^{-\frac{r}{\xi}})} \int_0^{2r} e^{-\frac{s}{\xi}} \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2} ds \quad (2)$$

2.3 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식

본 논문에서 제안하는 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식은 기본적으로 위치등록을 수행한 지점으로부터 기준거리  $r$  이상 멀어지면 위치등록을 수행하는 거리기준 위치등록 방식과 동일한 형태로 운용된다. 그러나 가입자가 이동하는 동안 가입자는 호를 발신하거나 또는 가입자로 호가 착신되는데, 이 경우 이동 가입자로 호를 접속하기 위하여 Setup 과정중의 메시지 내에 포함된 위치정보를 이용하여 기준거리  $r$  이상 멀어지기 이전에 호가 도착하면 그 지점을 중심으로 새로운 위치영역을 구성하는 방식이다. 예를 들어 (그림 4)에 나타낸 바와 같이 ①에서 위치등록을 수행한 가입자가 ②지점까지 이동하는 상황에서 가입자는 2번의 방향전환을 하며 이 과정에서 4번의 위치등록 과정을

수행한다. 따라서 거리기준 위치등록 방식에 비하여 제안한 방식의 위치등록 부하가 적게 된다. 또한 가입자의 발착신호의 도착율이 증가하면 위치등록 부하는 더욱 적어질 것으로 예측할 수 있다.



(그림 4) 제안한 방식에서의 이동성에 따른 위치영역의 변화

가입자의 방향전환 간 이동거리가 지수분포를 따르므로 방향전환 지점은 원형의 위치영역 내에 임의의 지점에 될 것이다. 임의의 지점에서 바라본 다음 위치등록 발생지점까지의 거리를 나타내는 확률변수  $S$ 의 확률밀도함수는 식 (3)으로 표현된다.

$$f_s(s) = \frac{2}{\pi r^2} \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2}, \quad 0 \leq s \leq 2r \quad (3)$$

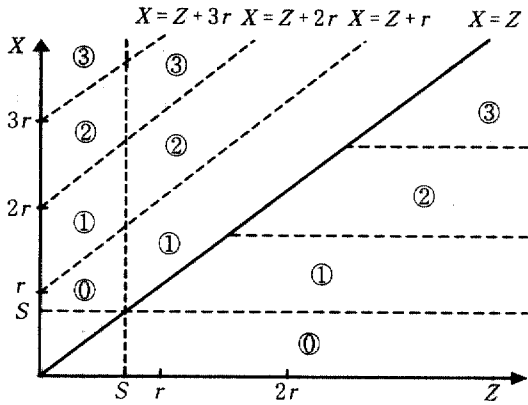
또한 발착신호 발생시간 간격을 나타내는 확률변수  $T$ 는 평균이  $1/\lambda_c$ 인 지수분포를 따른다고 가정하면 호 발생지점까지 거리를 나타내는 확률변수  $Z = vT$ 로 산출할 수 있으므로 확률변수  $Z$ 의 확률밀도함수는 식 (4)와 같다. 여기서  $v$ 는 가입자의 평균 이동속도를 의미한다.

$$f_z(z) = \frac{\lambda_c}{v} e^{-\lambda_c z/v}, \quad z > 0 \quad (4)$$

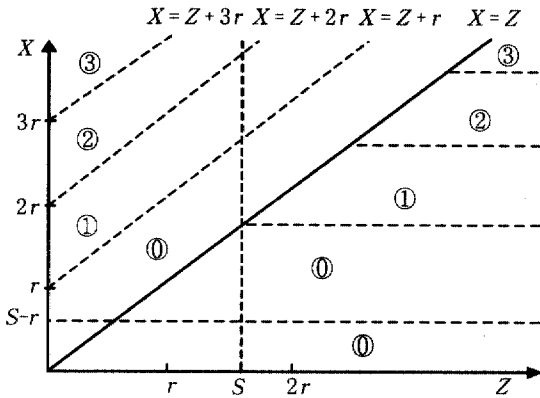
방향전환 점간의 거리  $X$ 는 평균이  $\xi$ 인 지수분포를 따른다고 가정하였으므로  $X, Z, S$ 에 대한 결합확률밀도함수는 식 (5)와 같이 표현할 수 있다. 여기서 확률변수  $X, Z, S$ 는 서로 독립이므로  $f_{X,Z,S}(x,z,s) = f_X(x)f_Z(z)f_S(s)$ 이다.

$$f_{X,Z,S}(x,z,s) = \frac{2\lambda_c}{\pi r^2 \xi v} \exp\left[-\left(\frac{x}{\xi} + \frac{\lambda_c z}{v}\right)\right] \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2}, \quad x > 0, z > 0, 0 < s < 2r \quad (5)$$

원형의 위치영역 내 임의의 지점에서 바라본 다음 위치등록 발생지점까지의 거리를 나타내는 확률변수  $S$ 와 방향전환 점간의 거리를 나타내는 확률변수  $X$ , 그리고 호 발생지점까지 거리를 나타내는 확률변수  $Z$ 와의 관계는 (그림 5)와 같다. 여기서 ①은 위치등록이 일어나지 않음을 의미하며, ②는 위치등록이 1회, ③은 위치등록이 2회 일어남을 의미한다.



(1)  $0 < S < r$  인 경우



(2)  $r < S < 2r$  인 경우

(그림 5) 확률변수 S, Z, X와의 관계

S의 범위에 따른 방향전환 점간의 거리 X당 평균 위치 등록 횟수인 K의 분포를 구하면 다음과 같다.

2.3.1  $0 < S < r$ 의 경우

$$\begin{aligned} \Pr[K = k] &= \int_0^r \int_0^s \int_{z+kr}^{z+(k+1)r} f(x, z, s) dx dz ds \\ &+ \int_0^r \int_s^\infty \int_{z+(k-1)r}^{z+kr} f(x, z, s) dx dz ds \\ &+ \int_0^r \int_{s+(k-1)r}^{s+kr} \int_x^\infty f(x, z, s) dz dx ds \quad (6) \\ &= a_1 \left[ \int_0^r f(s) ds - \frac{r^2(2\pi+3\sqrt{3})}{12} \right] \\ &+ a_1 \int_0^r f(s) ds + a_2 \int_0^r f(s) ds, \quad k \geq 1 \end{aligned}$$

여기서  $a_1 = \frac{2\lambda_c \xi}{\pi r^2(v + \lambda_c \xi)} \exp\left(-\frac{kr}{\xi}\right) \left[ \exp\left(-\frac{r}{\xi}\right) - 1 \right]$

$$a_2 = \frac{2v}{\pi r^2(v + \lambda_c \xi)} \exp\left(-\frac{kr(v + \lambda_c \xi)}{v \xi}\right) \left[ \exp\left(\frac{r(v + \lambda_c \xi)}{v \xi}\right) - 1 \right]$$

$f(s) = \exp\left(-\frac{v + \lambda_c \xi}{v \xi} s\right) \sqrt{r^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2}$  이다.

2.3.2  $r < S < 2r$ 의 경우

$$\begin{aligned} \Pr[K = k] &= \int_r^{2r} \int_0^s \int_{z+kr}^{z+(k+1)r} f(x, z, s) dx dz ds \\ &+ \int_r^{2r} \int_s^\infty \int_{z+(k-1)r}^{z+kr} f(x, z, s) dx dz ds \\ &+ \int_r^{2r} \int_{s+(k-1)r}^{s+kr} \int_x^\infty f(x, z, s) dz dx ds \quad (7) \\ &= a_1 \left[ \int_r^{2r} f(s) ds - \frac{r^2(4\pi-3\sqrt{3})}{12} \right] \\ &+ a_1 \int_r^{2r} f(s) ds + a_2 \int_r^{2r} f(s) ds, \quad k \geq 1 \end{aligned}$$

식 (6)과 식 (7)을 이용하여  $\Pr[K = k]$ 를 모든 S의 범위에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Pr[K = k] &= \int_0^{2r} \int_0^s \int_{z+kr}^{z+(k+1)r} f(x, z, s) dx dz ds \\ &+ \int_0^{2r} \int_s^\infty \int_{z+(k-1)r}^{z+kr} f(x, z, s) dx dz ds \\ &+ \int_0^{2r} \int_{s+(k-1)r}^{s+kr} \int_x^\infty f(x, z, s) dx dz ds \quad (8) \\ &= a_1 \left[ \int_0^{2r} f(s) ds - \frac{\pi r^2}{2} \right] \\ &+ a_1 \int_0^{2r} f(s) ds + a_2 \int_0^{2r} f(s) ds, \quad k \geq 1 \end{aligned}$$

따라서 식 (8)을 이용하여 방향전환 점간의 거리 X당 평균 위치등록 횟수  $\bar{K}$ 는 다음 식 (9)와 같이 산출할 수 있다. 여기서 식 (9)는 간단한 형태로 표현할 수 없으므로 수치해석 방법을 이용하여 산출한다.

$$\bar{K} = \sum_{K=0}^{\infty} k \Pr[K = k] \quad (9)$$

단위시간 동안 가입자의 이동거리 즉, 평균 속도를  $\bar{V}$ 라 하면 단위시간 동안 발생하는 가입자당 평균 위치등록 횟수  $\bar{N}$ 는 다음 식 (10)과 같다.

$$\bar{N} = \frac{\bar{V} \bar{K}}{X} \quad (10)$$

3. 최적 위치영역의 크기

일반적으로 위치영역의 크기가 커지면 페이지를 위한 신호정보량은 증가한다. 왜냐하면 착신호 설정시 해당 위치영역에 속하는 모든 기지국으로 페이지 메세지를 보내며 이 경우 위치영역의 크기가 크면 해당 위치영역에 속하는 기지국의 수가 많아지고 따라서 페이지 신호 메세지의 수가 증가한다. 반면에 위치영역의 크기가 커짐에 따라 위치등록 트래픽의 감소로 위치등록을 위한 신호정보량은 감소한다. 이는 위치영역의 크기가 커지면 하나의 VLR 영역내 위치영역의 수가 감소하며 결국, 위치영역간의 움직임이 적어지

고 이를 처리하기 위한 위치등록 신호 메시지가 감소하게 된다.

위로부터 페이징과 위치등록을 위한 신호 정보량 사이에는 위치영역의 크기에 대한 trade-off 관계가 성립함을 알 수 있다. 따라서, 시스템 관점에서 페이징과 위치등록 트래픽을 처리하기 위한 신호정보량을 최소화하는 최적 위치영역의 크기가 존재한다.

무선 구간 관점에서 페이징과 위치등록 트래픽에 대한 신호정보량을 최소화하는 위치영역의 크기를 산출하기 위해 다음과 같은 변수를 정의한다.

- $\lambda_c$  : 이동가입자의 발착신호 도착율(originating and terminating call arrival rates/hour)
- $\rho$  : 이동 가입자의 밀도(MSs/km<sup>2</sup>)
- $d_{cell}$  : 셀 한 변의 길이
- $C_P$  : 1회 페이징을 위한 신호 정보량
- $C_U$  : 1회 위치등록을 위한 신호 정보량

착신호 발생시 페이징을 위해 Down-link로의 신호 정보량은 위치영역 내 기지국의 갯수만큼 필요하며, 이에 대한 응답으로는 하나의 기지국에서 Up-link로 페이징 응답 메시지가 전달된다. 또한 위치등록 부하는 가입자당 위치등록 횟수  $\bar{N}$ 에 의해 결정되므로 페이징과 위치등록을 위해 필요한 가입자당 신호정보량은 식 (11)과 식 (12)와 같이 정의할 수 있다. 여기서 식 (11)은 영역기준 위치등록 방식인 경우의 단위시간당 총 비용함수를, 식 (12)는 거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식인 경우의 단위시간당 총 비용함수를 의미한다. 여기서  $\lambda_c$ 는 발신호와 착신호를 모두 고려한 값이므로 페이징 부하에 관계되는 착신호는  $\lambda_c/2$ 이다.

$$C_{sub}^Z = \bar{N} \times C_U + \frac{\lambda_c}{2} \times \left( \frac{d^2}{d_{cell}^2} + 1 \right) \times \frac{C_P}{2} \quad (11)$$

$$C_{sub}^D = C_{sub}^{DA} = \bar{N} \times C_U + \frac{\lambda_c}{2} \times \left( \frac{\pi r^2}{d_{cell}^2} + 1 \right) \times \frac{C_P}{2} \quad (12)$$

위치영역의 크기에 따른 가입자당 총 비용함수의 변화를 산출하기 위하여 다음과 같은 값을 가정하였다. 여기서 가입자의 발신 트래픽과 착신 트래픽은 같다고 가정하였으며,  $C_P$ 와  $C_U$ 는 구현 시스템에 따라 달라지는 값이므로 본 논문에서는 페이징 신호 정보량에 비해서 위치등록 신호 정보량이 10배 큰 값으로 가정하였다.

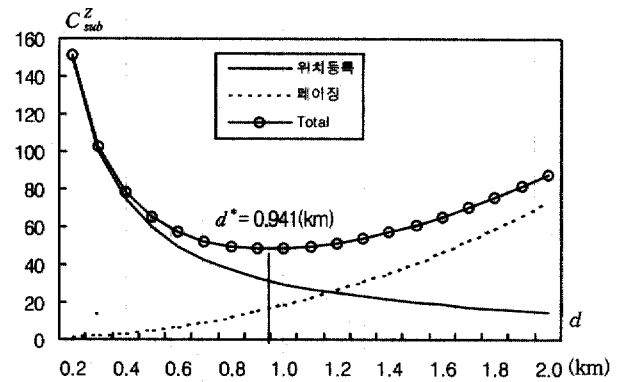
<표 1>의 값을 이용하여 위치영역의 크기에 따른  $C_{sub}$ 의 변화를 (그림 6)~(그림 8)에 나타내었다. (그림 6)은 영역기준 위치등록 방식에서 정사각형 모양을 갖는 위치영역의 한 변의 길이인  $d$ 가 변화할 때 식 (11)의 변화를 나타내었다.  $d$ 가 커지면 착신 페이징을 위한 신호 정보량은 증가하고 위치등록 횟수의 감소로 위치등록을 위한 신호 정보량은 감소

함을 알 수 있다. 여기서 페이징과 위치등록을 위해 필요한 총 비용함수가 최소가 될 때의 위치영역의 한 변의 길이인  $d$ 를  $d^*$ 라 하고 이때의  $C_{sub}$ 를  $C_{sub}^*$ 라고 표시하면  $d^* = 0.941$  (km)에서 최소화되며, 이때의 가입자당 총 비용함수는  $C_{sub}^* = 48.5396$ 임을 알 수 있다.

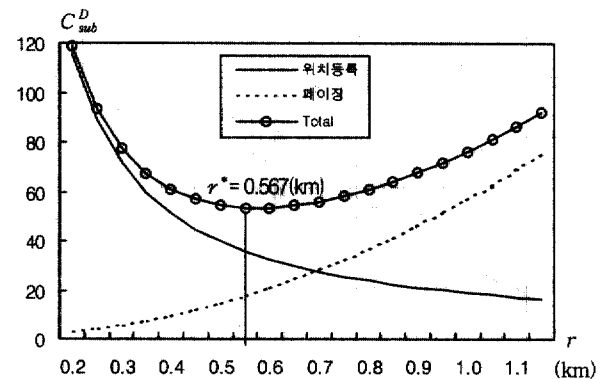
<표 1> 입력 파라메타 값

$\lambda_c$	2.88(calls/hour)	$C_P : C_U$	1 : 10
$d_{cell}$	0.2(km)	$\bar{N}$	3(km/hour)
$\xi$	0.2(km)	$\rho$	1500(MSs/km <sup>2</sup> )

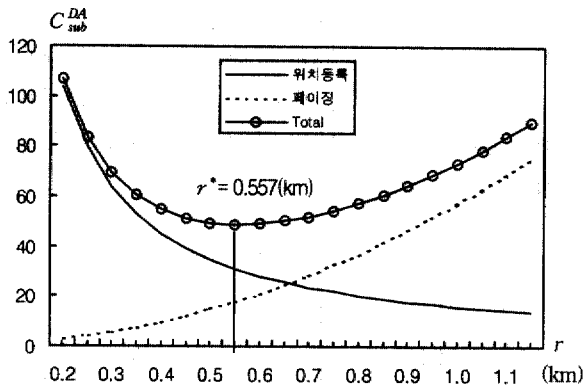
(그림 7)은 거리기준 위치등록 방식에서 원 모양을 갖는 위치영역의 반지름인  $r$ 의 변화에 따른 식 (12)의 변화를 나타내었는데,  $r$ 이 커지면 착신 페이징을 위한 신호 정보량은 증가하고 위치등록 횟수의 감소로 위치등록을 위한 신호 정보량은 감소함을 알 수 있다. 여기서 페이징과 위치등록을 위해 필요한 총 비용함수가 최소가 될 때의 위치영역의 반지름  $r$ 을  $r^*$ 라 하고 이때의  $C_{sub}$ 를  $C_{sub}^*$ 라고 표시하면,  $r^* = 0.567$ (km)일때 가입자당 총 비용함수는  $C_{sub}^* = 53.4330$ 가 되어 최소가 됨을 알 수 있다. 마지막으로 (그림 8)은 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식에서 원형의 모양을 갖는 위



(그림 6) 영역기준 위치등록 방식의 가입자당 비용함수의 변화



(그림 7) 거리기준 위치등록 방식의 가입자당 비용함수의 변화



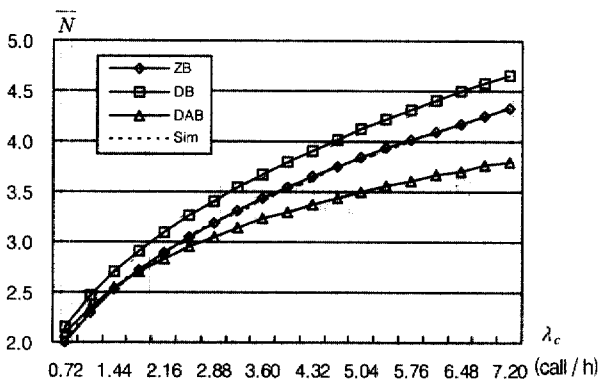
(그림 8) 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식의 가입자당 비용함수의 변화

치영역의 반지름인  $r$ 의 변화에 따른 식 (12)의 변화를 나타내었는데,  $r^* = 0.557(\text{km})$ 일때 가입자당 비용함수는  $C_{sub}^* = 48.7879$ 가 되어 최소가 됨을 알 수 있다.

#### 4. 각 방식별 성능비교 분석

##### 4.1 가입자당 위치등록 횟수

영역기준 위치등록방식, 거리기준 위치등록방식 그리고 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록방식의 성능을 비교 분석하기 위하여 3가지 방식의 조건이 동일하기 위해서는 각 방식에서 가입자당 비용함수가 최소가 되는 위치영역의 크기를 산출해서 성능을 분석해야 한다. 즉, 위치영역의 크기가 최적일 때 가입자 발착신호의 변화에 대한 가입자당 위치등록횟수의 변화를 (그림 9)에 나타내었다. 여기서 ZB는 영역기준 위치등록 방식을, DB는 거리기준 위치등록 방식을, 그리고 DAB는 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식을 각각 의미한다. 위치영역의 크기가 최적인 상태에서 착신호의 비율이 증가하면 페이징 트래픽이 증가하므로 가입자당 총 비용함수가 최적이 되기 위해서는 위치영역의 크기가 감소할 것이며 따라서 가입자당 위치등록 횟수인  $E[N]$ 은 증가할 것이다. (그림 9)에서 알 수 있듯이  $\lambda_c$ 가



(그림 9) 호 도착율의 변화에 따른 가입자당 위치등록 횟수

증가하면 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식은 다른 2가지 방식에 비하여 가입자당 위치등록 횟수가 가장 작게 나타나며 또한 증가율이 완만한 데 이는 발착신호에 따른 위치등록 부하가 다른 방식에 비하여 감소되는 비율이 높기 때문인 것으로 분석할 수 있다.

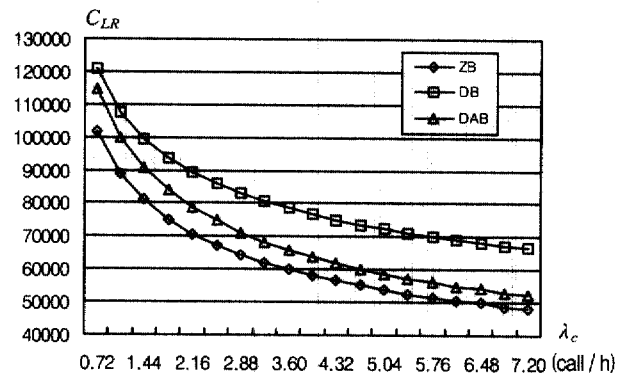
##### 4.2 위치영역당 부하

식 (11)과 식 (12)의 가입자당 비용함수를 이용하여 위치영역당 총 비용함수를 산출하면 식 (13)과 식 (14)로 표현할 수 있다. 여기서 식 (13)은 영역기준 위치등록 방식인 경우의 단위시간당 총 비용함수를, 식 (14)는 거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식인 경우의 단위시간당 총 비용함수를 의미한다.

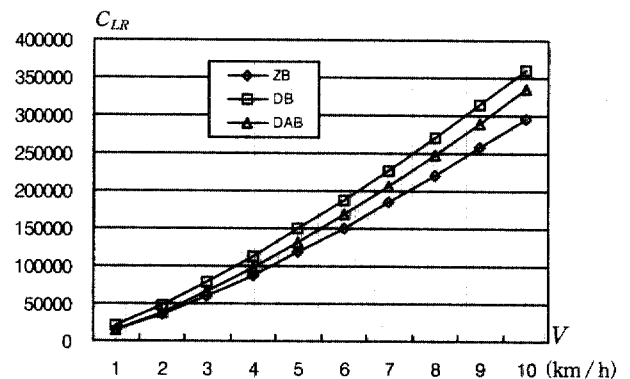
$$C_{LR}^Z = \rho \times d^2 \left\{ \bar{N} \times C_U + \frac{\lambda_c}{2} \times \left( \frac{d^2}{d_{cell}^2} + 1 \right) \times \frac{C_P}{2} \right\} \quad (13)$$

$$C_{LR}^D = C_{LR}^{DA} = \rho \times \pi r^2 \left\{ \bar{N} \times C_U + \frac{\lambda_c}{2} \times \left( \frac{\pi r^2}{d_{cell}^2} + 1 \right) \times \frac{C_P}{2} \right\} \quad (14)$$

발착신호 도착율의 변화에 따른 위치영역당 부하 변화율을 (그림 10)에 나타내었는데 각 방식은 발착신호의 도착율이 증가함에 따라 전반적으로 감소하는 경향을 보이는데, 특히 도착율이 낮은 부분에서는 위치영역당 부하 감소율이 크지만 도착율이 높은 부분에서는 감소율이 완만함을 알 수



(그림 10) 호 도착율의 변화에 따른 위치영역당 부하



(그림 11) 속도의 변화에 따른 위치영역당 부하

있다. 또한 가입자의 속도가 변화함에 따른 위치영역당 부하를 (그림 11)에 나타내었는데, 속도가 증가함에 따라 위치영역당 부하는 급격하게 변화함을 알 수 있다.

4.3 셀당 부하

일반적으로 하나의 위치영역은 여러 개의 셀들로 구성되는데, 3가지 위치등록 방식에 따른 셀당 위치등록 부하를 분석하기 위하여 하나의 위치영역은  $n^2$ 개의 셀로 구성한다고 가정한다. 거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식에서 위치영역은 원형이므로 정사각형 형태의 위치영역 내에  $n^2$ 개의 셀을 표시할 수가 없다. 그러나 위치영역의 경계에 접한 셀에만 위치등록 부하가 가해지는 영역기준 위치등록 방식과는 달리 거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식에서는 위치영역 내 모든 셀에 동일한 위치등록 부하가 가해지므로 하나의 위치영역은  $n^2$ 개의 셀들로 구성된다는 가정으로부터 셀당 위치등록 부하는 위치영역의 부하를  $n^2$ 으로 나눈 값이 된다.

4.3.1 영역기준 위치등록 방식

영역기준 위치등록 방식에서는 위치등록 부하가 위치영역의 경계선과 접하고 있는 셀에만 가해진다. 가장 많은 부하가 가해지는 셀이 위치등록 방식의 성능을 좌우하게 될 것이므로 위치영역의 모서리 부분에 위치한 셀에 가해지는 부하는 페이징 부하와 위치등록 부하의 합으로 표시되므로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$C_{cell}^z = \frac{2\bar{N}\rho d^2}{4n} \times C_U + \rho d_{cell}^2 \times \frac{\lambda_c}{2} \left( \frac{d^2}{d_{cell}^2} + 1 \right) \times \frac{C_P}{2} \quad (15)$$

( $n \geq 2$ )

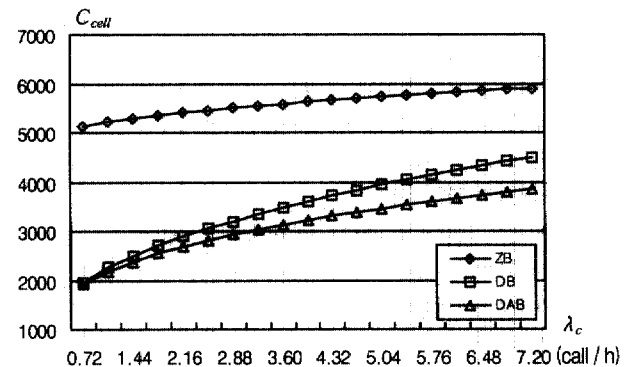
4.3.2 거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식

거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식에서는 특정 위치영역만을 생각하면 위치영역의 경계에 위치한 셀에만 위치등록 부하가 가해지지만, 위치영역 자체가 고정된 것이 아니고 가입자의 이동성에 따라 변할 수 있으며 또한 가입자별로 서로 다른 위치영역이 설정되므로 각 셀의 위치등록 부하는 추계적으로 동일하다. 즉, 특정 셀의 입장에서 보면, 동일한 셀이 어떤 가입자에 대한 위치영역에서는 경계에 위치하지만 다른 가입자에 대한 위치영역에서는 내부에 위치하거나 또는 위치영역에 속하지 않을 수도 있다. 따라서 어떤 셀이 위치영역의 경계에 위치할 확률은 셀의 위치에 관계없이 동일하므로 모든 셀의 부하가 동일하다고 가정할 수 있다. 그러므로 거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식에서 셀당 위치등록 부하는 페이징 부하와 위치등록 부

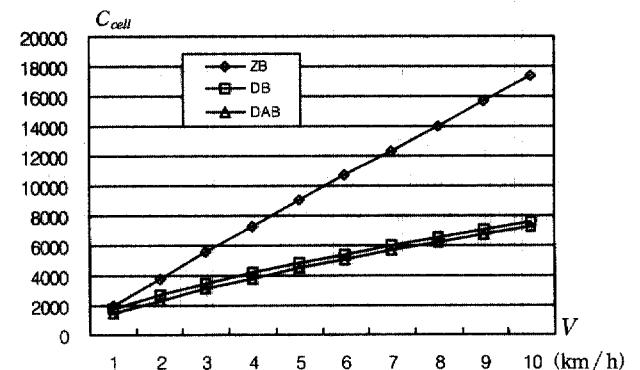
하의 합으로 표시되므로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$C_{cell}^D = C_{cell}^{DA} = \frac{\bar{N}\rho\pi r^2}{n^2} \times C_U + \rho d_{cell}^2 \times \frac{\lambda_c}{2} \left( \frac{\pi r^2}{d_{cell}^2} + 1 \right) \times \frac{C_P}{2} \quad (16)$$

영역기준 위치등록 방식에서는 위치영역의 경계 셀에 부하가 집중되기 때문에 모든 셀에 위치등록 부하가 분산되는 거리기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식이 영역기준 위치등록 방식에 비하여 셀당 위치등록 부하가 작게 나타난다. 이를 (그림 12)에 나타내었는데, 예측한 바와 같이 이동가입자의 호 도착율이 증가함에 따라 영역기준 위치등록 방식은 가장 높은 셀당 부하를 보이고 있으며, 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식이 가장 낮은 셀당 부하를 보이고 있다. 여기서 발착신호 도착율이 증가함에 따라 셀당 부하가 증가하는 이유는 도착율이 증가함에 따라 최적위치영역의 크기가 감소하므로 위치영역 내 셀의 수가 감소되므로 셀당 부하는 증가하기 때문이다. 또한 가입자의 속도가 증가함에 따라 셀당 부하의 변화를 (그림 13)에 나타내었는데 전반적으로 속도가 증가하면 셀당 부하는 증가하지만 영역기준 위치등록 방식은 증가율이 급격하지만 나머지 2가지 방식에서의 증가율은 완만함을 알 수 있다.



(그림 12) 호 도착율의 변화에 따른 셀당 부하



(그림 13) 속도의 변화에 따른 셀당 부하

## 5. 결 론

본 논문에서는 영역기준 위치등록 방식과 거리기준 위치등록 방식, 그리고 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식에 대하여 성능 분석을 위한 이동성 모델을 제시하고 이를 이용하여 각 방식의 성능을 분석 비교하였다. 분석 결과 가입자당 위치등록 횟수 관점에서 보면 영역기준 위치등록 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식은 단순한 거리기준 위치등록 방식 보다 작게 나타난다. 반면에 셀 당 부하 측면에서 보면 위치영역 내 모든 셀에 부하가 균등히 분산되는 거리기준 방식과 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식이 위치영역의 경계에 인접한 셀에 부하가 집중되는 영역기준 위치등록 방식에 비하여 유리하다.

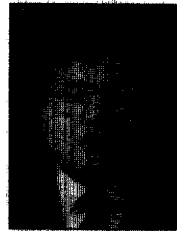
따라서 본 논문에서 제안한 호 도착을 고려한 거리기준 위치등록 방식이 위치등록 횟수가 영역기준 위치등록 방식과 비슷한 수준을 유지하면서 동시에 위치영역 내 모든 셀에 위치등록 부하가 분산되므로 3가지 방식 중 가장 우수한 방식임을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] EIA/TIA/IS-95, "MS-BS Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System," July, 1993.
- [2] 김광식, 한영남, "최적위치영역 설정에 관한 연구", JCCI '94, pp.641-644, 1994.
- [3] 장희선, 임석구, 박상택, 유제훈, "개인휴대통신 환경에서의 최적 위치영역을 고려한 위치등록 처리용량 분석: 무선신호 트래픽 최소화 방법", 한국통신학회 추계학술발표회논문집, pp.549-552, 1994.
- [4] H. Xie, S. Tabbane and D. J. Goodman, "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis," in Proc. 43rd IEEE Vehicular Technology Conference, pp.536-539, May, 1993.
- [5] 백장현, 조기성, 손창수, "거리기준에 의한 위치등록 방식의 분석", 한국통신학회 하계학술발표회논문집, pp.44-48, 1995.
- [6] F. V. Baumann, and I. G. Niemegeers, "An Evaluation of Location Management Procedures," Proc. IEEE 1994 Int. Conf. On Universal Personal Communications, pp.113-117, 1993.
- [7] S. Ito, "Proposal for Personal Communication Network Architecture and Location Registration Method," Proc. IEEE 1994 Int. Conf. On Universal Personal Communica-

tions, pp.354-358, 1994.

- [8] S. Okasaka, S. Onoe, S. Yauda, and A. Maebara, "A New Location Updating Method for Digital Cellular System," Proc. 41rd IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 345-350, 1991.
- [9] 백장현, 이창훈, "위치등록 방법의 성능분석: 영역기준 위치등록과 거리기준 위치등록", 대한산업공학회, Vol.23, No. 2, pp.385-401, June, 1997.



### 임 석 구

e-mail : sklim@infocom.cheonan.ac.kr

1983년 한국항공대학교 항공전자공학  
(공학사)

1987년 서울대학교 전자공학과(공학석사)

1999년 한국항공대학교 항공전자공학과  
(공학박사)

1987년~1992년 LG 정보통신

1992년~1994년 한국전자통신연구원

1994년~2001년 주성대학

2001년~현재 천안대학교 정보통신학부 조교수

관심분야: IMT-2000, 트래픽 엔지니어링, 이동통신시스템 성능 분석, 광 인터넷



### 장 희 선

e-mail : hsjang@ccts.ac.kr

1990년 울산대학교 산업공학과(공학사)

1992년 KAIST 산업공학과(공학석사)

2002년 KAIST 산업공학과(공학박사)

1992년~1998년 한국전자통신연구원

1999년~현재 천안외국어대학 컴퓨터정보과  
조교수

관심분야: IMT-2000, 트래픽 엔지니어링, 이동통신시스템 성능 분석, 광 인터넷



### 조 기 성

e-mail : chokis@etri.re.kr

1982년 경북대학교 전자공학과(공학사)

1984년 경북대학교 전자공학과

(공학석사)

1984년~현재 한국전자통신연구원 책임  
연구원

관심분야: IMT-2000 핵심망 기술, 이동 인터넷 기술, 개방형 시스템, WATM