

이동국의 전원상태를 고려한 CMS 위치등록방식 성능분석

正會員 김 광 식*, 조 경 록**

Performance Analysis on Location Registration Schemes in CMS Considering Mobile Power Status

Kwang Sik Kim*, Kyong Rok Cho** *Regular Members*

요 약

위치등록이란 기지국이 이동국에 대한 위치와 상태 정보를 얻는 과정으로, 위치갱신을 위한 신호 트래픽의 증가로 셀룰러이동통신, 특히 마이크로셀룰러 시스템에서는 그 중요성이 커지고 있다. 미국 표준 IS-95 및 국내 표준 TTA-KO-0062에서 규정하고 있는 위치등록방식들 중 4가지 위치등록방식, 즉, 전원공급에 따른 위치등록방식, 전원차단에 따른 위치등록방식, 거리기준 위치등록방식, 영역기준 위치등록방식이 향후 주로 사용될 것으로 예상된다.

본 고에서는 여러가지 이동국 특성 파라미터들(호당 채널 점유시간, 전원공급 및 차단 빈도, 이동속도 등)을 고려한 페이징과 위치등록에 따른 신호 트래픽 비용합수를 구하고, 상기 4가지 위치등록방식 성능에 대한 수치적 결과를 제시하였다. 또한 최적 운용을 위한 위치영역 크기를 설정하였다.

ABSTRACT

Registration is the process by which a base station gets the information of location and status about mobile stations. Registration will become an increasingly important issue in mobile cellular communications, especially in microcellular system with the increase of location updating traffic. Four types of registration schemes, which are specified in US standard IS-95 and Korean standard TTA-KO-0062, power up registration scheme, power down registration scheme, distance based registration scheme and zone based registration scheme, will be mainly used in the future.

In this paper, we derive the combined cost of signaling traffic of paging and registration for various parameters

*한국전자통신연구소 연구원

**충북대학교 정보통신공학과 조교수

論文番號:96132-0430

接受日字:1996年 4月 30日

of mobile stations behavior(unencumbered call duration, power up and down rate, velocity, etc.);then we present numerical results for the performance of four registration schemes. The size of location area is provided for optimal operation.

I. 서 론

셀룰러 이동통신시스템에서 위치등록이란 이동국이 자신의 위치정보와 상태정보를 시스템에 알려주는 과정이라 할 수 있으며, 위치영역간 위치갱신 신호 트래픽의 증가로 마이크로셀룰러 시스템등에서는 그 중요성이 커지고 있다. ETRI 주도하에 개발중인 CMS(CDMA Mobile Systems)에도 IS-95^[1] 및 TTA-KO-0062^[2]에서 규정하고 있는 9가지의 위치 등록 방식들이 구현될 것으로 예상된다. 이들 중 아래의 4가지 형태의 위치등록 방식이 향후 주로 사용될것으로 보인다.

- 전원공급에 따른 위치등록방식(Power Up Registration Scheme: PURS): 이동국은 자신의 전원을 켤때마다 또는 아날로그 시스템으로부터 CMS로 이동할때마다 위치등록을 수행한다.
- 전원차단에 따른 위치등록방식(Power Down Registration Scheme: PDRS): 만일 이동국이 현 서비스 시스템에 이미 등록되어 있다면 자신의 전원을 차단할때마다 위치등록한다.
- 영역기준 위치등록방식(Zone Based Registration Scheme: ZBRS): 이동국이 새로운 위치영역으로 이동할때마다 위치등록을 수행한다.
- 거리기준 위치등록방식(Distance Based Registration Scheme: DBRS): 이동국이 일정거리 이상을 이동할때마다 위치등록을 수행한다.

PDRS 위치등록방식은 이동국이 셀룰러 시스템의 영역을 벗어나다가, 열악한 전파 환경의 위치에 있거나 혹은 자신의 안테나에 문제가 발생한 경우 등으로 인하여 신뢰성은 떨어지지만 PDRS 위치등록이 성공함으로써 전원이 차단된 이동국에 페이징하는 것을 피할 수 있다^[3]. 따라서, 이동국 전원상태를 고려하지 않는 시스템들과 비교할때, PURS와 PDRS를 고려한 시스템에서의 페이징 부하는 상대적으로 낮다. 실제 환경에서 많은 이동국들은 짧은 배터리 수명과 원하

지 않는 착신호 등으로 인해 의도적으로 전원을 끈다. 전원을 끈 이동국의 비율에 따라 위치등록부하가 달라지지만 현재까지의 위치등록 연구에서는 이동국의 전원 상태에 대한 고려가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다^[4].

ZBRS 위치등록방식은 아날로그를 포함한 여러 디지털 셀룰러시스템에 구현되어 있다. 이 방식에서는 이동국이 전원을 켜 상태에서 새로운 위치영역으로 이동할때 위치 갱신이 수행된다. 이동국이 새로운 셀 서비스 영역으로 로밍을 한 후 바로전에 저장한 위치 영역 식별자(Location Area Identity: LAI)를 새로 진입한 셀로부터 수신한 새 LAI와 비교한다. 두개의 LAI가 서로 다른 경우 위치 갱신이 수행된다. 그러나 ZBRS와 PURS 및 PDRS를 같이 사용하면 전원을 켜 상태에 있는 이동국이 새로운 위치 영역으로 이동한 경우에만 위치갱신이 일어나므로 위치갱신 빈도는 전원을 켜 이동국의 위치영역 탈출빈도와 비슷하다^[5]. 한편 ZBRS에서는 위치영역내 경계셀에 등록부하가 집중되므로 이를 해소하기 위한 방식들이 현재 활발히 연구중에 있다^{[6],[7]}.

DBRS 위치등록방식은 자신이 등록한 셀을 기준으로 새로이 진입한 셀의 위치정보를 서로 비교하여 일정 거리를 이동한 경우에 위치등록을 수행하므로 위치영역은 ZBRS와는 다르게 결정되는데, 마지막으로 등록된 셀을 기준으로 일정거리 이내에 있는 셀들이 위치영역이 된다. 이로인해, ZBRS에서 발생가능한 위치영역간 잦은 이동 현상이 없어지게 되고 등록부하가 서비스 영역내 셀들에 고루 분포하게 되는 장점이 있는 반면, 전반적으로 ZBRS에 비해 위치등록 부하가 크며, DBRS 지원을 위해 셀의 위치정보가 필요하게 되어 시스템내 구현이 다소 어려운 면이 있다^[7].

페이징과 위치등록에 따른 신호 트래픽이 최소화 되는 최상의 위치등록 방식 및 그때의 최적 위치영역 설정에 대하여 상당히 많은 연구가 진행되었지만 대부분 이동국의 전원상태에 대한 고려가 없었다. 실제 환경에서는 전원공급 및 차단빈도 증가시 위치등록 비용이 상당히 차이가 날 수 있다. 또한 이동국이 전

원을 켜고 있는 확률에 따라서도 신호 트래픽이 상당히 달라질 수 있으므로 보다 더 정확한 신호 트래픽을 구하기 위해서는 이동국의 전원상태에 대한 연구가 요구된다.

본 논문에서는 이동국의 전원상태를 고려하면서 IS-95 및 TTA-KO-0062에서 규정하고 있는 9가지의 위치등록방식중 주로 사용될것으로 예상되는 4가지 형태의 위치등록 방식에 대한 성능분석을 수행하였다. 먼저, 이동국의 전원상태를 고려한 위치등록과 페이지징에 따른 비용함수를 구하고, 이를 기존에 검토된 거리기준 위치등록과 영역기준 위치등록방식에 추가로 적용하여 이동국의 특성(호당 채널점유시간, 이동국 전원공급 및 차단빈도, 이동국이동속도등)에 따른 성능을 비교하였다. 또한 가입자당 통화량, 단위면적당 이동국수, 셀의 크기, 교환기당 통화처리용량등을 고려하여 VLR(Visitor Location Register)이 수용가능한 셀수를 구하였다. VLR당 수용 셀수를 최소공배수로 하는 위치영역의 집합을 구하고 이를 이용하여 각 위치등록방식들의 신호 트래픽 부하가 최소가 되는 즉, 최적 운용을 위한 위치영역 크기를 설정하였다. 또한 가입자의 호당 채널점유시간, 차량이동속도, 호발생빈도등을 변경하면서 위치등록방식들의 장단점을 비교하였다.

II에서는 이동국의 전원상태를 고려하여 페이지징과 위치등록에 따른 비용함수를 구한다. 위치등록방식별 트래픽모델을 제시하고 이동국전원상태 및 시스템 구성을 고려한 현실적인 최적위치영역 결정방식을 제안한다. III에서는 각 위치등록방식별 성능분석 결과를 제시하고, IV에서는 결론을 맺는다.

II. 신호 트래픽 부하에 대한 비용 함수

1. 트래픽 모델

페이지징과 위치등록에 따른 신호 트래픽 부하에 대한 비용함수를 구하기 위해서는 이동국의 이동트래픽 모델이 만들어져야 한다. 여기서는 전원공급 및 차단에 따른 위치등록을 영역기준과 거리기준 위치등록 방식에 포함하여 트래픽 모델을 설정한다.

1.1 영역기준 위치등록의 경우

그림 1과 같이 한번의 길이가 r 인 정육각형셀로 구

성되는 셀룰러 시스템을 가정한다. VLR 영역은 세로로 D_{VLRv} 개 셀, 가로로 D_{VLRh} 개 셀로 구성된 영역, 위치 영역은 세로로 D_{LAv} 개 셀, 가로로 D_{LAh} 개 셀들로 구성된 영역, 그리고 셀 영역(A_{cell})은 $3\sqrt{3}r^2/2$ 이다. 이동국의 이동이 랜덤 하다고 볼때 단위시간당 한 위치영역으로부터 탈출하는 이동국의 평균수 $E[m] = E[V]L/(\pi S)$ 이다^[5]. 여기서 m 은 이동국당 단위시간당 위치영역을 벗어나는 빈도수, L 은 위치영역 둘레 ($(D_{LAv} + D_{LAh}) - 2r$), S 는 위치영역의 면적($D_{LAv}D_{LAh}A_{cell}$), V 는 이동국 이동속도로서 위치영역내에서 균일분포를 따른다고 가정한다.

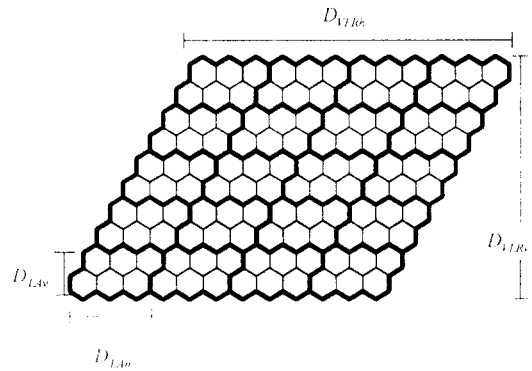


그림 1. 영역기준 위치등록방식(위치영역내 셀수가 $D_{LAv} \times D_{LAh}$ 인 경우)

단위시간당 한 위치영역으로부터 탈출하는 이동국의 평균 수 $E[m]_{zone}$ 는 다음 식과 같이 쓸 수 있다^[5].

$$E[m]_{zone} = \frac{0.385 E[V] (4(D_{LAv} + D_{LAh}) - 2r)}{\pi D_{LAv} D_{LAh} r} \quad (1)$$

1.2 거리기준위치등록의 경우

그림 2에서와 같이 이동국은 위치영역내 중심셀에서 이동을 시작한다. 일단 방향을 잡으면 방향을 변경하는 일이 없다고 한다면, 이동국은 D개 셀을 지난 후에 다시 위치등록을 수행하게 된다. 이때 그림 3에서와 같이 B 지점에 도착하게 되고 이때 진입셀의 경계에서 위치등록이 일어난다. 그 후 이동국은 진행방향으로 계속 이동하게 되므로 다시 위치등록이 일어나기 위해서는 Z만큼의 거리를 이동한 후 C 지점에서 위치등록을 하게 된다. B 지점에서 진행방향이 진

입 셀 중심방향 기준으로 $-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2$ 까지 균일하다고 가정하면 이동방향각도의 확률밀도 함수 $f(\theta)$ 는 다음식과 같이 된다.

$$f(\theta) = \begin{cases} 1/\pi & -\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2 \\ 0 & \text{기타} \end{cases} \quad (2)$$

이동통신시스템에서 위치영역과 셀 영역은 정확히 육각형의 형태가 되지 않는다. 또한 분석을 간단히 하기 위해 이를 동일 원으로 근사시킨다. 한 셀의 면적을 동일한 원으로 근사화한 경우 셀반경 $r_{eq} = \sqrt{3\sqrt{3}/(2\pi)} r$ 이 된다. 위치영역을 동일 면적의 원으로 근사화한 경우 위치영역의 반경 $R_{eq} = \sqrt{N_c} r_{eq}$ 가 된다. N_c 는 위

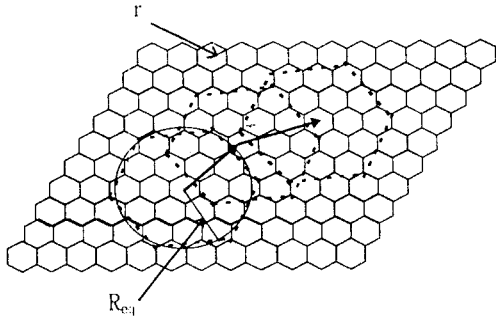


그림 2. 거리기준 위치등록망구성(위치영역내 셀수가 1+3D (D-1)개인 경우)

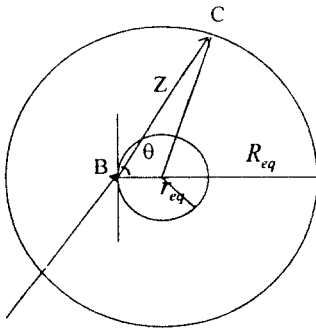


그림 3. B지점에서 거리기준 위치등록후 C 지점에서 재위치등록시까지 이동한 거리

치영역내 셀수를 의미한다. 이때 그림 3에서 위치등록간 이동거리 $Z = r_{eq} \cos \theta + \sqrt{R_{eq}^2 - r_{eq}^2 \sin^2 \theta}$ 로 표현 되는데, Z는 θ 의 함수이므로 θ 의 확률밀도함수를 이용하여 아래와 같이 평균거리 $E[Z]$ 를 구할 수 있다. (부록 1. 참조)

$$E[Z] = \int_0^{\pi/2} Z f(\theta) d\theta = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \left(r_{eq} \cos \theta + \sqrt{R_{eq}^2 - r_{eq}^2 \sin^2 \theta} \right) \frac{1}{\pi} d\theta$$

$$\cong \begin{cases} \frac{4r_{eq}}{\pi} & \text{if } D=1 \\ \left(\sqrt{N_c} + \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{0.4}{\sqrt{N_c}} \right] \right) r_{eq} & \text{if } D \geq 2 \end{cases} \quad (3)$$

여기서, D는 이동국이 위치등록시까지 지나게 되는 셀 수이다. 식(3)에서 구한 $E[Z]$ 는 $D \geq 2$ 구간에서 근사화로 인한 평균오차가 0.1%이내이다.

이동국이 방향변경할 가능성이 없다면 단위시간당 한 위치영역로부터 탈출하는 이동국의 평균 수는 다음과 같이 이동국의 속도를 거리로 나눈값으로 표현할 수 있다^[7].

$$E[m]_{dis} = E \left[\frac{V}{Z} \right] \quad (4)$$

여기서 V를 상수로 보면 $E[m]_{dis}$ 는 $1/Z$ 의 평균값만 알면 구할 수 있다. $E[1/Z]$ 를 $1/Z$ 의 산술평균으로 보면 이 값은 그것의 조화평균인 $1/E[Z]$ 이상 값을 가지게 되므로 위치등록 빈도는 다음식과 같다.

$$E \left[\frac{V}{Z} \right] = V \times E[1/Z] \geq \frac{V}{E[Z]} \quad (5)$$

거리기준 위치등록방식에서 위치등록 빈도는 식(5)의 우변보다 다소 클것이지만, 만일 Z의 값들의 변화 폭이 적으면 즉, 위치등록 기준인 D 값이 클수록 좌우변이 등호에 가깝게 될것이다.

2. 이동국의 전원공급 및 차단 빈도

실제 환경에서는이동국 전원공급 및 차단빈도 증가

시 위치등록 비용이 상당히 차이가 날 수 있다. 또한 이동국이 전원을 켜고 있는 확률에 따라서도 신호 트래픽이 상당히 달라질 수 있으므로 보다 더 정확한 신호 트래픽을 구하기 위해서는 이동국의 전원상태에 대한 고려가 요구된다. 여기서 우리는 두 가지 형태의 이동국을 가정한다.

- 타입 1: 항상 전원을 켜고 있는 이동국
- 타입 2: 호처리시만 전원을 켜고 있고 그외의 시간에는 전원을 차단하고 있는 이동국

상기의 두 가지 형태의 이동국을 고려할 경우, 위치영역내에서 이동국이 전원을 켜고 있을 확률 R_{lp} 는 항상 전원을 켜고 있는 이동국의 확률에 통화시만 전원을 켜는 이동국의 통화량을 더하여 다음 식과 같이 구할 수 있다¹⁾.

$$R_{lp} = R_{ph} + E_s \times R_{pc} \quad (6)$$

여기서 R_{ph} 는 항상 전원을 켜고 있는 이동국 확률, R_{pc} 는 호처리시만 전원을 켜는 이동국 확률($1 - R_{ph}$), E_s 는 기준통화량을 의미한다. 또한 이동국당 단위시간당 전원 공급 및 차단 빈도 F_{lp} 는 호처리시만 전원을 켜고 있는 이동국의 확률에 이동국당 발신호빈도 λ_{ori} 를 곱하므로써 다음 식과 같이 구할 수 있다¹⁾.

$$F_{lp} = \lambda_{ori} \times R_{pc} \quad (7)$$

3. 발신호 시도시 평균 위치 등록 확률

호처리시만 전원을 켜는 타입 2의 이동국이 시스템에 미치는 위치등록 부하를 구하기 위해서는 발신호 시도시 평균 위치 등록 확률 U 를 구하여야 한다. 타입 2의 이동국은 평소에는 전원을 끄고 있으므로 위치변경이 일어나도 위치등록을 하지 않다가 발신호 시도시 기지국이 보내는 시스템 정보를 이용하여 위치변경 유무를 확인한다. 만일 위치변경이 되어 있으면 우선 위치등록을 수행한 후 발신호 처리 절차를 따르게 된다. 발신호 시도시 평균 위치 등록 확률을 다음과 같은 가정하에 구할 수 있다.

이동국의 호발생 빈도가 Poisson process를 따른다고 가정하면 발신호 처리후 전원을 끄고 다시 전원을 켜

는 사건이 생기는데까지 걸리는 시간 t_p (평균은 $1/\lambda_{ori}$)는 지수분포를 따른다고 볼 수 있다. 여기서 λ_{ori} 는 발신호빈도로서 발신율은 70%로 가정한다. 이때 발신호 시도시 위치등록 확률 U 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} U &= \Pr[t_p \geq t_m] \\ &= \int_{t_m}^{\infty} \lambda_{ori} e^{-\lambda_{ori} t_p} dt_p \\ &= e^{-\lambda_{ori} t_m} \end{aligned} \quad (8)$$

여기서, t_m 은 이동국이 한번 위치변경하는데까지 걸리는 시간을 의미함.

3.1 영역기준 위치등록의 경우

영역기준 위치등록에서 발신호 시도시 평균 위치 등록 확률을 U_z 로 정의한다. U_z 는 이동국이 한번 위치변경하는데까지 걸리는 시간 t_m 에 따라 달라지는데 t_m 을 구하기 위해 다음과 같은 가정하에 시뮬레이션을 수행하였다.

- 이동국의 위치는 위치영역내 균일하게 분포되어 있다.
- 이동국 진행방향은 $0 \leq \theta \leq 2\pi$ 까지 $1/2\pi$ 의 확률로 균일 분포를 따르며 한 번 방향을 잡으면 그 방향으로 계속 진행한다.
- 이동국 속도는 위치영역내에서 일정하다.
- 위치영역을 동일 면적의 평형사변형으로 근사화한다.

상기와 같은 가정하에 시뮬레이션을 수행한 결과 위치변경까지 이동하는데 걸리는 평균 시간 $E[t_m]_{zone}$ 는 위치영역의 가로와 세로 셀 수 비(D_{LAh}/D_{LAv})에 따라 다소 차이는 있으나 대체적으로 위치등록 빈도의 역인 $\frac{1}{E[m]_{zone}}$ 값에 비례함을 알 수 있었다. 따라서 위치등록빈도를 이용하여 다음과 같이 $E[t_m]_{zone}$ 을 구할 수 있다.

$$E[t_m]_{zone} = \alpha \frac{1}{E[m]_{zone}} \equiv \frac{\alpha}{\lambda_{zone}} \quad (9)$$

여기서 λ_{zone} 는 영역기준 위치등록빈도이며, α 는 보

정 인자이다.

위치영역의 가로와 세로의 셀 수 비(D_{LAH}/D_{LAV})를 1~3배 까지 가변시켜본 결과 오차 2%이내에서 α 는 2/3 정도가 됨을 알 수 있었다. t_m 은 가변이지만 분석을 단순화하기 위해서 t_m 의 평균치인 $E[t_m]_{zone}$ 를 이용하여 영역기준 위치등록에서 U_Z 확률을 구한다.

$$U_Z = \Pr \left[t_p \geq \frac{\alpha}{\lambda_{zone}} \right] = e^{-\alpha \frac{\lambda_{ori}}{\lambda_{zone}}} \quad (10)$$

여기서 $\lambda_{zone} \gg \lambda_{ori}$ 이면 U_Z 는 1에 접근하고, 그 반대면 0이 됨을 알 수 있다. U_Z 가 1이란 의미는 발신호 시도때마다 위치등록이 수행됨을 의미한다. 보다 더 정확한 U_Z 를 구하기 위해서는 t_m 의 확률밀도함수를 고려해야 하지만 t_m 가 지수분포를 따른다는 특성으로 인해 α/λ_{zone} 를 이용해도 $\lambda_{zone} \gg \lambda_{ori}$ 인 경우 오차가 거의 없으며, $\lambda_{zone} \geq \lambda_{ori}$ 인 경우에도 위치등록 실패픽 부하중 U_Z 의 비중은 다소 작으므로 α/λ_{zone} 를 이용한 U_Z 의 계산에 따른 오차는 미미할것으로 생각된다.

3.2 거리기준 위치등록의 경우

거리기준 위치등록에서 발신호시도시 평균 위치등록 확률을 U_D 로 정의한다. 거리 기준 위치등록에서 위치등록 기준인 D 값이 크고 차량의 속도가 위치영역내에서 일정하다고 가정하면 위치등록시까지 걸리는 시간은 평균근처에 집중하게 된다. 왜냐하면 그림 4와 같이 단말이 위치등록 후 전원을 끈 지점이 A_1 인 경우 D 셀을 지나 위치영역을 벗어나는데 걸리는 시간은 A_1 셀내의 위치에 상관없이 거의 일정하다고 볼 수 있다. 따라서 t_m 의 평균치는 다음과 같이 위치등록 빈도의 역으로 표현할 수 있다.

$$E[t_m]_{dis} \approx \frac{1}{E[m]_{dis}} \equiv \frac{1}{\lambda_{dis}} \quad (11)$$

여기서 λ_{dis} 는 거리기준 위치등록빈도이다. 따라서 A_1 에서 전원을 끈 후 D 셀 이상을 벗어나서 전원을 켜 확률을 U_{D1} 이라 하면 이 값은 영역 기준에서와 동일한 방법으로 구할 수 있는데 다음과 같다.

$$U_{D1} = \Pr \left[t_p \geq \frac{1}{\lambda_{dis}} \right] = e^{-\frac{\lambda_{ori}}{\lambda_{dis}}} \quad (12)$$

A_1 에서 전원을 끈 이동국이 D 셀을 지나기 전에 통화를 위해 $A_1 \sim A_D$ 셀중 어느 한 셀에서 발신호 시도를 위해 다시 전원을 켤 수 있는데 통화후 다시 전원을 끈 지점이 A_1 에서 A_D (그림 4에서 $D=4$)셀중 하나일 것이다. 경계에 가까이 있는 셀에서 전원을 끈 이동국일수록 다시 전원을 켜기 전에 위치 변경할 확률이 상대적으로 높게 되는데 위치변경시까지 이동 시간이 위치영역 중심 근처에 있는 이동국보다 상대적으로 짧기 때문이다.

식(12)를 이용하여 A_2 에서 A_D 셀에서 전원을 끈 이동국에 대한 위치변경 확률을 구해보자. A_1 에서 전원을 끈 이동국이 A_2 로 진입하여 통화를 위해 전원을 켜 경우 위치등록 기준인 D 셀을 지나지 않았으므로 위치등록이 발생하지 않으며 통화후 전원을 끌 경우 이 이동국의 진행방향은 계속 유지되므로 위치변경 시까지 평균시간은 A_1 보다 $(D-1)/D$ 만큼 짧다고 볼 수 있다. 따라서 식(12)에서 $1/\lambda_{dis}$ 를 $(D-1)/(D \times \lambda_{dis})$ 로 변경하므로써 A_2 에서 전원을 끈 이동국이 다시 전원을 켜올때 위치변경 확률을 구할 수 있다. 이와 동일한 방법으로 $A_3 \sim A_D$ 셀에서 전원을 끈 이동국에 대해서도 구할 수 있다. 즉, A_i 에서 전원을 끈 후 다시 전원을 켜올때 평균 위치등록 확률을 U_{Di} 라 하면 이 값은 다음과 같다.

$$U_{Di} = e^{-\frac{\lambda_{ori}}{\lambda_{dis}} \frac{D-i+1}{D}} \quad \text{if } 1 \leq i \leq D \quad (13)$$

여기서, A_2 에서 A_D 셀중 한 셀에서 발신호 시도를 한 이동국이 D 셀을 지나기 전에 다시 발신호 시도를 수행할 수 있으나 이에 대한 확률은 무시하였다. A_1 셀에서 마지막으로 위치등록한 이동국이 위치변경한 경우, 이 이동국이 마지막으로 전원을 끈 지점이 A_i 셀일 확률을 B_i 라 하면 이 값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$B_i = \begin{cases} e^{-\frac{\lambda_{ori}}{\lambda_{dis}} \frac{i-2}{D}} - e^{-\frac{\lambda_{ori}}{\lambda_{dis}} \frac{i-1}{D}} & \text{if } 2 \leq i \leq D \\ 1 - \sum_{j=2}^D B_j & \text{if } i=1 \end{cases} \quad (14)$$

여기서, i, j 는 자연수이다.

따라서 U_D 는 U_{Di} 와 이 값의 발생 확률인 B_i 의 곱의

함으로 정의되며 다음과 같이 구할 수 있다.

$$U_D = \sum_{i=1}^D B_i U_{Di} = e^{-\beta \frac{2D-1}{D}} + (D-1) \left(e^{-\beta \frac{D-1}{D}} - e^{-\beta} \right) \quad (15)$$

여기서 $\beta = \frac{\lambda_{ori}}{\lambda_{dis}}$ 이며, $\lambda_{dis} \gg \lambda_{ori}$ 이면 U_D 는 1에 접근하고, 그 반대면 0이 됨을 알 수 있다. U_D 가 1이란 의미는 발신호 시도때마다 위치등록이 수행됨을 의미한다.

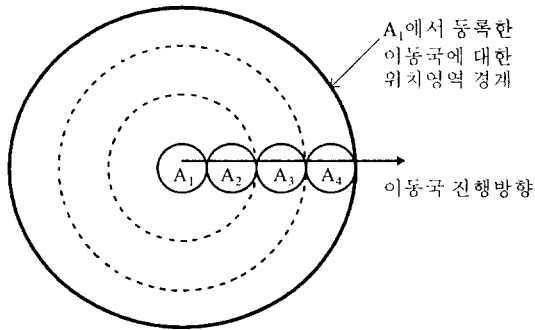


그림 4. 거리기준 위치등록 방식망 구성(D=4인 경우)

4. 무선 점유 대역폭 비용함수

위치등록이란 이동국이 자신의 위치와 상태정보를 기지국에 알려주는 과정이며, 페이징이란 착신호 처리를 위하여 목표 이동국을 찾는 과정을 말한다. 위치등록이 없으면 셀룰러 시스템은 착신호처리시 모든 기지국에 대해 페이징을 수행하게 되어 페이징부하가 증가하게 된다. 셀을 변경할때마다 위치등록을 하게 되면 페이징 부하는 줄어들지만 위치등록 부하는 증가하게 된다. 따라서 위치등록 기준인 위치영역 크기를 잘 조절하면 페이징과 위치등록에 따른 부하가 최소가 될 수 있으므로 위치등록 성능비교시 페이징과 위치등록은 함께 고려되어야 한다. 페이징과 위치등록에 따른 무선 점유 대역폭 비용함수는 페이징에 따른 부하(C_{page})와 위치등록에 따른 부하(C_{reg})의 합으로 구해진다.

$$C_{total} = C_{page} + C_{reg} \quad (16)$$

C_{page} 는 위치영역내 셀수, 착신호빈도, 전원을 켜 이 동국확률 등에 의해 이루어진다. C_{reg} 는 위치등록방식 마다 차이가 조금 있으나, 한 위치영역으로부터 탈출 하는 이동국의 평균 수에 전원을 켜 이동국의 확률, 전원공급 및 차단 빈도등에 의해 이루어진다. 여기서는 영역기준위치등록과 거리기준위치등록 각각에 대 한 무선 점유 대역폭 비용함수를 구한다.

4.1 영역기준 위치등록의 경우

$D_{LA_v} \times D_{LA_h}$ 개의 셀을 수용하는 위치영역에 대한 단 위시간당 이동국당 위치갱신 및 페이징을 위한 무선 점유 대역폭 비용을 구해보자. PURS 및 PDRS가 포 함된 ZBRS인 경우를 ZBRSWP라고 정의한다.

ZBRSWP에서 C_{page} 는 타입 1의 이동국에 대한 페이 징 비용($D_{LA_v} D_{LA_h} \lambda_{ter} R_{ph} C_{p1}$)과 페이징 응답 비용($\lambda_{er} R_{ph} C_{p2}$)의 합으로 구해진다. C_{reg} 는 타입 1의 이동국에 의한 위치변경에 따른 위치등록 비용($E[m]_{zone} R_{ph}$)과 타입 2의 이동국에 의한 이동국 전원공급 및 차단에 따른 위치등록 비용($2F_{ip}$)의 합으로 구해진다. 따라서, ZBRSWP인 경우 무선 점유 대역폭 비용은 아래 의 식과 같다.

$$C(D_{LA_v}, D_{LA_h}, \lambda_{er}, R_{ph}) = (D_{LA_v} D_{LA_h} \lambda_{ter} R_{ph} C_{p1} + \lambda_{er} R_{ph} C_{p2}) + (E[m]_{zone} R_{ph} + 2F_{ip}) C_u \quad (17)$$

여기서 λ_{er} 는 이동국당 착신호 빈도이고, C_{p1} 는 페 이징 비용, C_{p2} 는 페이징응답 비용, 그리고 C_u 는 위치 갱신 비용을 의미한다. 호처리동안만 전원을 켜고있는 타입 2의 이동국(R_{pc} 확률을 가진)에 대해서는 페이징 과 위치등록이 일어나지 않는다고 볼수있는데, 이것 은 이동국이 착신호시 전원을 켜고 있거나 통화중상 태에만 존재하기 때문이다. 따라서, 이 부분을 제외한 R_{ph} 확률의 이동국에 대해서만 페이징이 일어나므로 ZBRSWP에서 페이징부하는 감소하게 되나, 이동국 의 전원공급 및 차단에 따른 위치등록 부하가 추가되 어 F_{ip} 의 2배 만큼 위치등록부하가 증가하게 된다.

ZBRS에서 C_{page} 는 모든 이동국에 대한 페이징 비용 ($D_{LA_v} D_{LA_h} \lambda_{ter} C_{p1}$)과 페이징 응답 비용($\lambda_{er} C_{p2}$)의 합 으로 구해진다. C_{reg} 는 타입 1의 이동국에 의한 위치 변경에 따른 위치등록 비용($E[m]_{zone} R_{ph}$)과 타입 2의 이동국에 의한 위치등록비용($R_{pc} \times O_{zone}$)의 합으로 구 해진다. 따라서, ZBRS인 경우 무선 점유 대역폭 비용

은 아래의 식과 같다.

$$C(D_{LA}, D_{LAh}, \lambda_{ter}, R_{ph}) = (D_{LA} D_{LAh} \lambda_{ter} C_{p1} + \lambda_{ter} C_{p2}) + (E[m]_{zone} R_{ph} + R_{pc} \times O_{zone}) C_u \quad (18)$$

여기서,

$$O_{zone} = \lambda_{ori} U_Z \quad (19)$$

전원공급 및 차단에 따른 위치 등록이 구현되어 있지 않은 시스템에서 영역기준 위치등록방식에 의해 이전에 등록한 위치영역에서 전원을 차단한 후 위치등록없이 새로운 위치영역으로 이동하여 발신호 시도시 위치등록이 발생하는데 이동국당 발생 빈도를 O_{zone} 라 정의한다. O_{zone} 는 이동국 발신호시도시 위치등록 확률에 발신호 빈도를 곱하여 구할수 있다. 타입 1과 2의 이동국(R_{pc} 확률을 가짐) 구분없이 페이징이 이루어지므로 ZBRIS 방식에서는 이동국의 전원상태에 상관없이 페이징부하는 일정하고, 앞서의 ZBRISWP보다 페이징 부하가 더 크다. 이동국의 전원공급 및 차단에 따른 위치등록 부하가 없으므로 위치등록부하는 ZBRISWP 보다 작게 된다.

4.2 거리기준 위치등록의 경우

등록셀로부터 D 셀 거리이내에 있는 셀들로 구성되는 위치영역과 함께, 단위시간당 이동국당 위치갱신 및 페이징을 위한 무선 점유 대역폭 비용을 구해보자. PURS 및 PDRS가 포함된 DBRS인 경우를 DBRSWP라고 정의한다.

DBRSWP에서 C_{page} 는 타입 1의 이동국에 대한 페이징 비용($(1 + 3D(D-1))\lambda_{ter} R_{ph} C_{p1}$)과 페이징 응답 비용($\lambda_{ter} R_{ph} C_{p2}$)의 합으로 구해진다. DBRSWP에서 C_{reg} 는 타입 1의 이동국에 의한 위치변경에 따른 위치등록 비용($E[m]_{dis} R_{ph}$)과 타입 2의 이동국에 의한 이동국 전원공급 및 차단에 따른 위치등록 비용($2F_{ip}$)의 합으로 구해진다. 따라서, DBRSWP인 경우 무선 점유 대역폭 비용은 아래의 식과 같다.

$$C(D, \lambda_{ter}, R_{ph}) = ((1 + 3D(D-1))\lambda_{ter} R_{ph} C_{p1} + \lambda_{ter} R_{ph} C_{p2}) + (E[m]_{dis} R_{ph} + 2F_{ip}) C_u \quad (20)$$

호처리동안만 전원을 켜고있는 타입 2의 이동국(R_{pc} 확률을 가짐)에 대해서는 페이징과 위치등록이 일어나지 않는다고 볼수있는데, 이것은 이동국이 착신호시 전원을 꺼고 있거나 통화중상태에만 존재하기 때문이다. 따라서, 이부분을 제외한 R_{ph} 확률의 이동국에 대해서만 페이징이 일어나므로 DBRSWP에서 페이징부하는 감소하게 되나, 이동국의 전원공급 및 차단에 따른 위치등록 부하가 추가되어 F_{ip} 의 2배 만큼 위치등록부하가 증가하게 된다.

DBRS에서 C_{page} 는 모든 이동국에 대한 페이징 비용($(1 + 3D(D-1))\lambda_{ter} C_{p1}$)과 페이징 응답 비용($\lambda_{ter} C_{p2}$)의 합으로 구해진다. C_{reg} 는 타입 1의 이동국에 의한 위치변경에 따른 위치등록 비용($E[m]_{dis} R_{ph}$)과 타입 2의 이동국에 의한 위치등록비용($R_{pc} \times O_{dis}$)의 합으로 구해진다. 따라서, DBRS인 경우 무선 점유 대역폭 비용은 아래의 식과 같다.

$$C(D, \lambda_{ter}, R_{ph}) = ((1 + 3D(D-1))\lambda_{ter} C_{p1} + \lambda_{ter} C_{p2}) + (E[m]_{dis} R_{ph} + R_{pc} \times O_{dis}) C_u \quad (21)$$

여기서,

$$O_{dis} = \lambda_{ori} U_D \quad (22)$$

전원공급 및 차단에 따른 위치등록이 구현되어 있지 않은 시스템에서 거리기준 위치등록방식에 의해 이전에 등록한 위치영역에서 전원을 차단한 후 위치등록없이 새로운 위치 영역으로 이동하여 발신호 시도시 위치등록이 발생하는데 이동국당 발생 빈도를 O_{dis} 라 정의한다. O_{dis} 는 이동국이 발신호 시도시 평균 위치등록 확률에 발신호 빈도를 곱하여 구할수 있다. 타입 1과 2의 이동국(R_{pc} 확률을 가짐) 구분없이 페이징이 이루어지므로 DBRS 방식에서는 이동국의 전원상태에 상관없이 페이징부하는 일정하고, 앞서의 DBRSWP보다 페이징 부하가 더 크다. 이동국의 전원공급 및 차단에 따른 위치등록 부하가 없으므로 위치등록부하는 DBRSWP 보다 작게 된다.

5. 최적의 위치영역

최적의 위치영역은 다음과 같이 구한다. 이동국의 통화량 및 셀크기등을 이용하여 개인통신교환기

수용할 수 있는 셀 수를 계산한다. 다음에 VLR의 영역을 계산하고 이를 이용하여 사용가능한 위치영역의 집합을 구하고 이 값들을 이용하여 무선 점유 대역폭 비용이 최소가 되는 위치영역을 구하면 이 값이 최적위치영역이 된다.

먼저 VLR 영역은 개인통신교환기의 영역과 동일하게 가정한다. 식(23)과 같이 개인통신교환기의 통화처리용량을 초과하지 않는 범위내에서 개인통신교환기가 수용가능한 셀의 갯수를 산출하면 이는 바로 VLR이 수용하는 셀 수가 되는데, VLR이 관장하는 영역의 가로 셀의 수와 세로 셀의 수를 다음 식을 이용하여 결정한다⁸⁾.

$$D_{VLRv} = \left\lfloor \sqrt{\frac{E_{PCX}}{\rho A_{cell} E_s}} \right\rfloor = \left\lfloor \sqrt{\frac{2E_{PCX}}{3\sqrt{3}\rho r^2 E_s}} \right\rfloor$$

$$D_{VLRh} = \begin{cases} D_{VLRv} + 1, & \text{if } (D_{VLRv} + 1) D_{VLRv} 3\sqrt{3}\rho r^2 E_s \leq 2E_{PCX} \\ D_{VLRv}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (23)$$

여기서, $\lfloor x \rfloor$ 는 x 를 넘지 않는 최대 정수값을 나타낸다. ρ 는 단위 면적당 이동국수, r 는 육각형셀의 한변 길이, E_{PCX} 는 개인통신교환기의 통화처리용량을 의미한다. VLR내 세로와 가로 셀수를 구하여 보자. 먼저, 세로 셀수(D_{VLRv}) 제공한 셀내에 있는 이동국에 의한 통화량이 E_{PCX} 를 넘지않는 최대 D_{VLRv} 를 구한다. 다음으로 가로 셀수(D_{VLRh})는 식(23)의 두번째와 같은 조건 즉, $(D_{VLRv} + 1) D_{VLRv} 3\sqrt{3}\rho r^2 E_s \leq 2E_{PCX}$ 이 만족되면 D_{VLRv} 보다 1개 더 많은 셀수가 되며 그렇지 않으면 동일한 셀수가 된다.

ZBRS에서 최적 위치영역을 구해보자. 식(23)에서 구한 VLR 영역의 세로 및 가로 셀수인 (D_{VLRv} , D_{VLRh})를 이용하여 이를 최소공배수로하는 위치영역의 집합인 (D_{LAv} , D_{LAh})를 구한 다음, 이를 아래의 식(24)에 대입하여 구한 무선 점유 대역폭 비용이 최소가 되는 (D_{LAv} , D_{LAh})이 최적 위치영역이 된다. 이를 다음 식과 같이 표현할 수 있다⁸⁾.

$$\text{Min}[C(D_{LAh}, D_{LAv}, \lambda_{ter}, R_{ph})]$$

$$\text{for } 1 \leq D_{LAh} \leq D_{VLRh}; 1 \leq D_{LAv} \leq D_{VLRv};$$

$$\frac{D_{VLRv}}{D_{LAv}}, \frac{D_{VLRh}}{D_{LAh}}; \text{positive integer} \quad (24)$$

식 (24)에서 비용함수 $C(D_{LAh}, D_{LAv}, \lambda_{ter}, R_{ph})$ 는 식 (17, 18)에서 구한 무선 점유 대역폭 비용함수들을 의미한다.

DBRS에서 최적 위치영역을 구해보자. 식 (23)에서 구한 VLR 영역의 세로 및 가로 셀수인 (D_{VLRv} , D_{VLRh})를 초과하지 않는 범위내에서, 즉, $(1 + 3D(D - 1)) \leq (D_{VLRv} \times D_{VLRh})$ 를 만족하는 모든 D 에 대해 이를 아래의 식 (25)에 대입하여 구한 무선 점유 대역폭 비용이 최소가 되는 $(1 + 3D(D - 1))$ 이 최적 위치영역이 된다. 이를 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{Min}[C(D, \lambda_{ter}, R_{ph})]$$

$$\text{for } (1 + 3D(D - 1)) \leq (D_{VLRh} \times D_{VLRv});$$

$$D; \text{positive integer} \quad (25)$$

식 (25)에서 비용함수 $C(D, \lambda_{ter}, R_{ph})$ 는 식 (20, 21)에서 구한 무선 점유 대역폭 비용함수들을 의미한다.

III. 성능분석

본 장에서는 육각형셀로 구성된 셀룰러이동통신시스템에서 ZBRS, ZBRSWP, DBRS, DBRSWP 위치등록방식들에 대한 수치적인 비교분석을 수행한다. 이를 위해 다음과 같은 변수값들을 가정한다.

- 기준통화량 $E_s = 0.1(\text{Erlang})$,
- 호당 채널 점유시간 $T_m = 120(\text{sec.})$,
- 호발생빈도 $\lambda = 3(\text{calls/hr/PS})$,
- 이동국평균속도 $E[V] = 5(\text{km/hr})$,
- 단위면적당 이동국수 $\rho = 10,000(\text{PSs/km}^2)$,
- 육각형셀의 한변 길이 $r = 0.1(\text{km})$,
- 개인통신교환기의 통화처리용량 $E_{PCX} = 20,000(\text{Erlang})$,
- 항상 전원을 켜고 있는 이동국의 확률 $R_{ph} = 0.7$,
- 페이지당 무선 점유 대역폭 비용 $C_{p1} = 1$,
- 페이지응답당 무선 점유 대역폭 비용 $C_{p2} = 2$,
- 위치갱신당 무선 점유 대역폭 비용 $C_u = 3$.

상기 가정값들중 페이지와 위치등록에 따른 비용값인 C_{p1} , C_{p2} 및 C_u 는 실제적으로 한번 페이지당, 혹은 위치등록당 무선 점유 대역폭, 즉, 바이트수로 표현할 수 있으나, 본 고에서는 각 위치등록방식 비교에 초

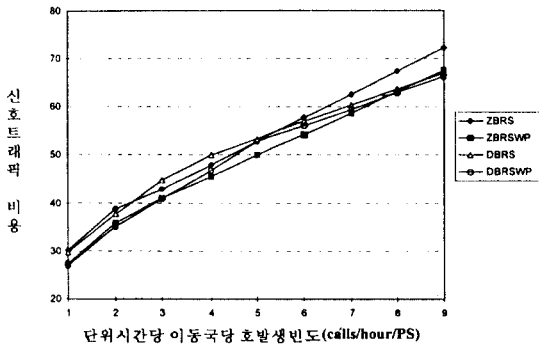


그림 5. 단위시간당 이동국당 호발생빈도에 따른 방식별 성능비교

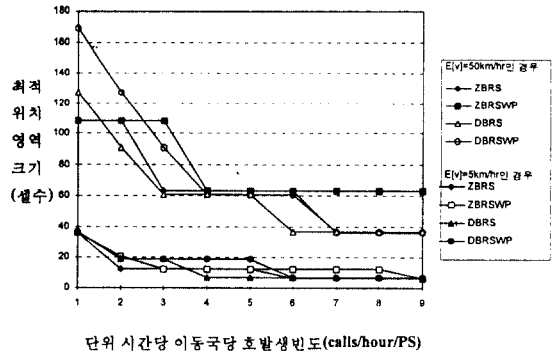


그림 8. 단위시간당 이동국당 호발생빈도에 따른 방식별 최적위치영역크기

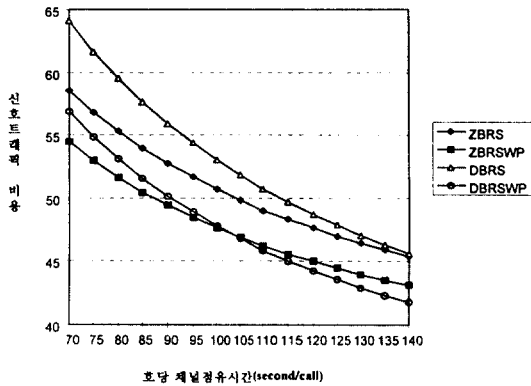


그림 6. 호당 채널점유시간에 따른 방식별 성능비교

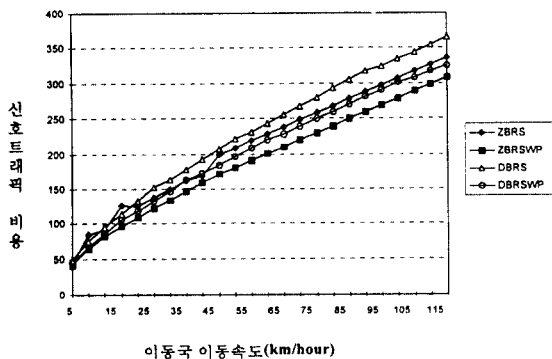


그림 7. 이동국 이동속도에 따른 방식별 성능비교

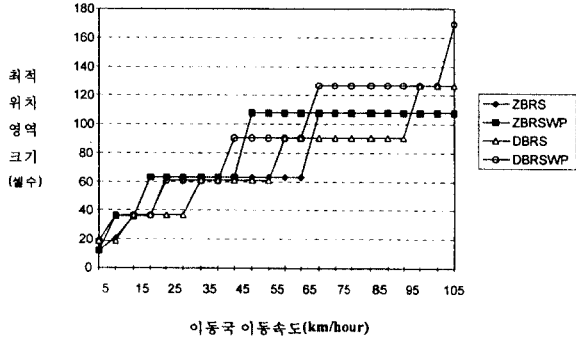


그림 9. 이동국 이동 속도에 따른 방식별 최적위치영역크기

점을 두었으므로 절대적인 비용(사용 바이트수)을 이용하지 않고 한번 페이징당 무선 점유 대역폭 사용 비용을 1로 두고 페이징응답비용(2)과 위치등록비용(3)을 상대적인 값으로 하여 성능분석에 이용한다.

변수값과 식 (23)을 이용하여 VLR 영역의 크기를 구하면 $D_{VLRv}=27$, $D_{VLRh}=28$ 개 셀로 구성된다. 식 (24, 25)의 제약식을 이용하여 사용가능한 위치영역 집합을 구하고, 비용함수를 이용하여 최적의 위치영역을 구한다. 위의 예에서 사용 가능한 위치영역은 ZBRS인 경우 $D_{LA_v}=\{1, 3, 9, 27\}$, $D_{LA_h}=\{1, 2, 4, 7, 14, 28\}$ 의 조합으로 이루어진다. DBRS인 경우 위치영역은 사용가능한 $D=\{1, 2, \dots, 16\}$ 를 $(1+3D(D-1))$ 에 대입하여 구한 값이다.

그림 5는 호발생빈도에 따른 방식비교결과이다. $3 < \lambda < 8$ 구간에서는 ZBRSWP 위치등록 방식이 가장

작은 시스템 부하를 나타내고 있으며 $\lambda \leq 3$ 및 $\lambda \geq 8$ 구간에서는 DBRSWP 위치등록방식이 가장 작은 시스템 부하를 나타내고 있다. 그리고 두 방식 모두 ZBR스와 DBRS보다 위치등록방식이 가장 작은 시스템 부하를 나타내고 있다. 그리고 두 방식 모두 ZBR스와 DBRS보다 위치등록방식의 부하가 더 작다.

그림 6은 단위 호당 채널점유시간에 따른 방식별 성능비교결과이다. $T_m \leq 100(\text{sec.})$ 인 경우 ZBRSWP 위치등록방식이 타 방식들보다 우수한 특성을 나타내고 있다. $T_m > 100(\text{sec.})$ 인 경우 DBRSWP 위치등록방식이 우수한 특성을 나타내고 있다. 그리고 두 방식 모두 ZBR스와 DBRS보다 위치 등록 방식의 부하가 더 작다.

그림 7은 속도에 따른 방식별 성능분석결과이다. $E[V] \leq 200(\text{km/hr})$ 인 경우를 제외하고 전반적으로 무선 점유 대역폭 비용의 크기는 $ZBRSWP < DBRSWP < ZBR < DBRS$ 순이다. 이동국 평균 속도 증가에 따라 신호 트래픽이 증가하는데, 신호트래픽이 선형적으로 증가하지 않은 이유는 속도에 따라 최적위치영역을 가변시켰으며 또한 가능한 위치영역이 불연속이기 때문이다.

그림 8은 호발생빈도에 따른 각 방식별 최적위치영역 크기를 나타낸다. 여기서 $R_{ph} = 0.7$, 즉, 70%의 이동국은 항상 전원을 켜고 있다고 보았으며 이동국속도는 평균 5(km/hr.)와 50(km/hr.) 두가지 경우를 가정하였다. 그림에서 왼쪽은 50(km/hr.)를 가정한 경우이다. 전체적으로 호발생빈도 증가에 따라 최적 위치영역의 크기는 감소하는것으로 나타났는데 호발생빈도 증가에 따라 위치등록부하에 비해 상대적으로 페이징 부하가 더 크게 증가하기 때문이다. 그리고 ZBRSWP와 DBRSWP는 ZBR스와 DBRS 각각에 대해 동일 호발생 빈도에서 최적 위치영역이 더 큰것으로 나타났다. PURS와 PDRS가 수행되므로써 ZBRSWP와 DBRSWP에서는 전원이 꺼져있는 이동국에 대해 페이징이 생기지 않으므로 페이징 부하가 상대적으로 줄어들어 보다더 최적 위치영역의 크기를 증가시킬 수 있게 된것임을 알 수 있다. 또한 위치영역 크기가 계단식이 된 이유는 식 (24, 25)의 제약식으로 가능한 위치영역의 크기가 불연속적이기 때문이며 이로인해 일부 호발생빈도에서는 최적위치영역이 동일하게 나타나게 된다.

그림 9는 속도 변화에 따른 최적 위치영역의 크기를 나타낸다. 전체적으로 속도 증가에 비례하여 최적 위치 영역의 크기가 증가되어야 함을 보여 주고 있다. 그 이유는 속도 증가에 따라 페이징부하에 비해 위치등록부하가 상대적으로 증가하기 때문이다. 전원공급 및 차단에 따른 위치등록을 포함한 시스템이 그렇지 않은 시스템보다 최적 위치 영역의 크기가 증가함을 볼 수 있다. 최적위치영역 크기가 계단식이된 이유는 식 (24, 25)의 제약식으로 가능한 위치영역의 크기가 불연속적이기 때문이다.

전체적으로 DBRS보다는 ZBR스가 우수하며 PURS와 PDRS를 채용한 ZBRSWP와 DBRSWP가 그렇지 않은 위치등록 방식들보다 우수한 특성을 나타내었으며 ZBRSWP가 DBRSWP보다 우수한 특성을 나타낼 수 있었다. 따라서 셀룰러시스템에 PURS와 PDRS 위치등록방식을 채용함으로써 페이징과 위치등록에 따른 신호 트래픽 부하가 줄어들게 됨을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IS-95 및 TTA-KO-0062에서 규정하고 있는 9가지의 위치등록방식중 주로 사용될 것으로 예상되는 4가지 형태의 위치등록 방식에 대한 성능분석을 수행하였다.

먼저, 이동국의 전원상태를 고려한 위치등록과 페이징에 따른 비용합수를 구하고 이를 기준에 검토된 거리기준 위치등록과 영역기준 위치등록방식에 추가로 적용하여 이동국의 특성(호당 채널점유시간, 전원공급 및 차단빈도, 이동속도등)을 변화시키면서 성능을 비교하였다. 또한 주어진 이동국의 특성에서 VLR이 수용가능한 서비스영역, 즉, 셀수를 구한 다음, 이를 최소공배수로하는 위치영역의 집합을 구하고 이를 이용하여 각 위치등록방식들의 신호 트래픽 부하가 최소가 되는, 즉, 최적 운용을 위한 위치영역 크기를 설정하였다.

각 방식별 비교 분석 결과 전원상태 변화에 따른 위치등록을 채용한 ZBRSWP와 DBRSWP 위치등록방식이 타 위치등록방식들에 비해 신호 트래픽 부하가 보다 작게 나타났으며 페이징부하의 감소로 상대적으로 최적위치영역 크기가 증가하였다. 또한 가입

자의 호당 채널점유시간을 변화시킨 결과 채널점유 시간이 길수록 거리기준방식의 성능이 우수해지는 반면, 속도, 호발생빈도 변화에 있어서는 영역기준 방식이 보다더 우수한 특성을 보임을 알 수 있었다.

그러나 영역기준 위치등록방식은 부하가 위치영역의 경계에 집중하므로 거리기준 위치등록방식에 비해 못한 점이 있다. 따라서 마이크로셀룰러 이동통신 환경에서는 영역기준 위치등록방식을 채용하면서 부하분사의 효과가 있는 다층구조의 영역기준 위치등록방식에 PURS와 PDRS 위치등록방식을 채용하면 보다더 우수한 위치등록 방식이 될 것으로 기대된다.

부 록

거리기준위치등록방식에서 위치영역내
평균이동거리 E[Z]

그림 3에서 위치등록간 이동거리 $Z = r_{eq} \cos \theta + \sqrt{R_{eq}^2 - r_{eq}^2 \sin^2 \theta}$ 로 표현되는데, θ 의 함수이므로 θ 의 확률밀도 함수를 이용하여 아래와 같이 평균거리 E[Z]를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 E[Z] &= \int_b Z f(\theta) d\theta \\
 &= \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \left(r_{eq} \cos \theta + \sqrt{R_{eq}^2 - r_{eq}^2 \sin^2 \theta} \right) \frac{1}{\pi} d\theta \\
 &= \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \left(r_{eq} \cos \theta + R_{eq} \sqrt{1 - \frac{r_{eq}^2}{R_{eq}^2} \sin^2 \theta} \right) \frac{1}{\pi} d\theta \\
 &= \left[2r_{eq} + 2R_{eq} \text{Elliptic } E \left[\frac{r_{eq}^2}{R_{eq}^2} \right] \right] \frac{1}{\pi} \quad (26)
 \end{aligned}$$

여기서,

$$\text{Elliptic } E[m] = \int_0^{\pi/2} (1 - m \sin^2(\theta))^{\frac{1}{2}} d\theta \quad (27)$$

을 의미한다.

그림 2에서와 같이 DBRS에서 위치영역에 포함되는 셀 수를 N_c 라 하면,

$$N_c = 1 + 3D(D-1) \quad (28)$$

로 표현되고, 위치영역내 면적과 동일한 원으로 근사화한 경우 원의 반지름 R_{eq} 는

$$R_{eq} = \sqrt{N_c} r_{eq} \quad (29)$$

분석을 간단히 하기 위해 D 가 1인 경우와 그외를 구분하여 Z 값을 구한다.

만일 $D=1$ 인 경우는 다음과 같다.

$$E[Z] = \frac{4r_{eq}}{\pi} \quad (30)$$

이 되고, 만일 $D \geq 2$ 인 경우는 다음과 같다. 식 (29)을 이용하면 $m = \frac{r_{eq}^2}{R_{eq}^2} = \frac{1}{N_c}$, 즉, 셀 수의 역이다. $D \geq 2$ 이면 $N_c \geq 7$ 이 되므로 식 (26)에서 $m < 0.15$ 인 경우의 *Elliptic E[m]* 값만 이용된다. $m < 0.15$ 구간에서,

$$\text{Elliptic } E[m] \cong \pi/2 - 0.4 m = \pi/2 - \frac{0.4}{N_c}, \quad (31)$$

으로 근사화될 수 있는데, 이값을 식 (26)에 대입하여 구한 Z 의 평균치는 다음과 같다.

$$E[Z] \cong \left(\sqrt{N_c} + \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{0.4}{\sqrt{N_c}} \right] \right) r_{eq} \quad \text{if } D \geq 2 \quad (32)$$

여기서 D 는 등록셀을 싸고 있는 셀들 띠의 갯수.

따라서 D 값에 따른 Z 의 평균치는 다음과 같다.

$$E[Z] \cong \begin{cases} \frac{4r_{eq}}{\pi} & \text{if } D=1 \\ \left(\sqrt{N_c} + \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{0.4}{\sqrt{N_c}} \right] \right) r_{eq} & \text{if } D \geq 2 \end{cases} \quad (33)$$

$D \geq 2$ 에서 E[Z]를 구하기 위해 *Elliptic E[m]* 근사화에 따른 오차율은 0.1% 이내이다.

참 고 문 헌

1. EIA/TIA IS-95, 'Mobile Station Base Station Com-

patibility Standard for Dual Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System', 1993.

2. TTA-KO-0062 '*Interim Standard for Common Air Interface for digital cellular in the 800 Mhz Band*', November, 1994.
3. Asha Mehrotra, '*Cellular Radio Performance Engineering*', 1994 Artech House, Inc.
4. K. Kim, et al, "Power Up and Down Registration Analysis in a CMS(CDMA Mobile Systems)", ICUPC'95 pp.329-333, Singapore, Nov. 1995.
5. R. Thomas, H. Gilbert, and G. Maziotto, "Influence of the moving of the mobile stations on the performance of a radio mobile cellular network", *Proc. of the Third Nordic Seminar on Digital Land Mobile Radio Communications*, Sept. 1988
6. H. Xie, S. Tabbane, et al, "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis", *IEEE 43rd Vehicular Technology Conference*, 1993.
7. Kwan L. Yeung, Tak-Shing P. Yum, "A Comparative Study on Location Tracking Strategies in Cellular Mobile Radio Systems", *Globecom'95*, pp. 22-28, 1995.
8. 장희선, 임석구, 박상택, 유제훈, "개인 휴대 통신 환경에서의 최적 위치영역을 고려한 위치등록 처리용량 분석: 무선 신호 트래픽 최소화 방법", 한국통신학회 추계종합학술 발표회 논문집, pp.678-681, 1993.



김 광 식(Kwang Sik Kim) 정회원
 1968년 5월 16일생
 1991년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학학사)
 1991년~현재: 한국전자통신연구소 연구원
 ※주관심분야: 셀룰러 시스템 설계, 이동통신 및 전파 스펙트럼엔지니어링 분야

조 경 록(Kyong Rok Cho) 정회원
 1977년: 경북대 전자공학과 졸업(공학학사)
 1989년: 일본 동경대 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1992년: 일본 동경대 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1979년~1986년: 금성 TV연구센터 근무
 1993년~현재: 충북대 정보통신공학과 조교수
 ※주관심분야: 논리합성, 고속회로설계, 마이크로프로세서 및 셀룰러시스템 설계 분야