

# 이동통신망에서 페이징 처리 용량을 최대화하는 지능형 페이징 기법 연구

## On Intelligent Paging Algorithm Maximizing Paging Processing Capacity in Wireless Networks

이동준\*

Dong-Jun Lee\*

### 요 약

본 논문에서는 이동통신의 무선망 구간에서 페이징(paging) 용량을 최대화하기 위한 지능형 페이징 기법을 제안하였다. 한정된 무선 자원을 효율적으로 이용하기 위하여 지능형 페이징 기법들이 연구되어 왔는데 이 방식에서는 위치 영역을 여러 개의 작은 페이징 영역들로 나누어서 순차적으로 찾아나간다. 기존의 지능형 페이징 방식에서는 주로 페이징 대상 단말의 위치 확률 분포를 이용하여 페이징 영역들을 도출한다. 하지만, 이러한 접근 방식들은 각 셀마다 페이징 트래픽이 불균등하게 분포되는 문제를 가진다. 이에 따라서 전체적으로 낮은 페이징 부하 상황에서도 페이징 트래픽이 병목인 셀이 존재하고 이 셀의 기지국 페이징 메시지 큐가 넘침으로써 페이징 메시지가 손실되는 문제가 발생하게 된다. 제안하는 방식에서는 각 셀의 페이징 트래픽 분포 상황을 감안하여 페이징 트래픽을 가능하면 셀마다 균등하게 분포하도록 페이징 영역을 결정한다. 성능 평가 결과 제안하는 방식은 페이징 처리 용량 측면에서 기존 방식들에 비해서 월등히 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

### Abstract

A new intelligent paging algorithm is proposed in this paper to maximize the paging capacity in wireless link of mobile communication systems. Intelligent paging algorithms have been studied to utilize limited wireless resource efficiently, in which a location area is divided to several paging areas which are searched sequentially. Previous intelligent paging methods mainly use location probability distribution of the paging target terminal to determine paging areas. However, these methods make the paging traffic of each cell non-uniformly distributed. Therefore, in relatively low paging load conditions, there exist cells congested with paging traffic in which paging traffic queues are overflowed and paging messages are lost. The proposed method determines paging areas to make the paging traffic distributed uniformly among cells by considering current paging traffic distribution in each cell. Performance evaluation shows that the proposed method outperforms the previous paging schemes much with respect to paging processing capacity.

Key words : intelligent paging, paging capacity, mobility management

---

\* 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부(School of Electronics, Telecommunications and Computer Engineering, Hankuk Aviation University)

· 제1저자 (First Author) : 이동준

· 접수일자 : 2006년 10월 13일

## I. 서 론

이동통신시스템에서 이동하는 단말에게 도착하는 통화를 연결해 주기 위해서 시스템은 항상 단말의 대략적인 위치를 파악해야 한다. 이는 단말이 어느 위치 영역 내에 존재하는지와 위치 영역 내 셀들 중에서 이 단말이 존재할 확률 분포로써 파악된다. 특정 단말에게 통화 시도가 발생하면 이 단말을 찾는 페이지징 메시지를 위치 영역 내에 있는 셀들에서 전송한다. 한편 이동통신 시스템이 발달하고 사용자들의 수가 더욱 증가함에 따라서 페이지징 트래픽의 양도 급격히 많아지게 되었다. 따라서 이동통신 시스템의 한정된 무선 자원으로 더 많은 페이지징을 처리하고자 하는 연구가 널리 진행되어 왔다.

이동성 관리에 대한 연구는 크게 두 가지로 진행되어 왔다. 하나는 위치 등록에 관한 연구[1],[2],[6]이며 다른 하나는 페이지징에 관한 연구이다[3]-[5],[7],[8]. 위치 등록은 이동 단말들이 시스템에 자신의 위치를 알려 주는 것으로써 기본적으로 새로운 위치 영역으로 이동할 때마다 발생하며 그 외에도 시간, 이동 거리 등의 다양한 기준에 의해서도 이루어진다. 페이지징은 이동 단말에 대한 통화 시도가 발생할 때 위치 영역내의 셀들에서 페이지징 메시지를 보냄으로써 이루어진다. 가장 간단한 페이지징 기법은 전체 페이지징으로써 이는 페이지징 시도 발생 시 한 번에 위치 영역내의 모든 셀들에서 페이지징 메시지를 전송하는 방식이다. 이는 불필요하게 과도한 페이지징 트래픽을 발생시키는 단점이 있다. 그래서 지능형 페이지징 기법에 대한 연구들이 많이 진행이 되어 왔다. 위치 영역 내의 셀들은 몇 개의 페이지징 영역들로 분류되어서 한 번에 하나의 페이지징 영역 내 셀들에 페이지징 메시지가 전송된다. 이 방식에서는 주로 위치 영역 내 셀들에서 단말이 존재할 확률 분포를 파악한 이후에 이 확률 분포를 이용하여 존재 확률이 높은 셀들부터 차례로 페이지징을 시도하는 방식이 많이 연구되었다[2]-[7]. 이 경우에 위치 영역 내 모든 셀들을 찾지 않더라도 페이지징 목적 단말의 위치를 파악할 수 있기 때문에 페이지징 트래픽을 크게 줄일 수 있다. 이에 따라서 전체 페이지징 방식에 비해서 동일한 페이지징 채널 용량을 이용하여 더 많은 양의 페이지징 발생

을 처리 할 수 있게 된다. 한편 이러한 지능형 페이지징 기법에서는 단말의 위치 확률 분포가 더 정확할수록 페이지징 성능이 좋아지기 때문에 위치 영역 내에서 위치 등록을 더 자주 하는 것이 필요하다. 하지만 잦은 위치 등록은 역방향 무선 링크의 자원과 단말 전력을 소모하고 또한 시스템에서 위치 등록 메시지 처리량이 많아지는 단점이 있다. 즉 위치 등록비용과 페이지징 비용 간에는 일종의 상호보완 관계가 존재한다고 볼 수 있다. 위치 등록이 더 잦아질수록 페이지징은 더 정확해지고 반대로 위치 등록이 드물어지면 페이지징은 부정확해지기 때문에 찾아야 하는 셀들의 수가 많아진다. 그래서 위치 등록과 지능형 페이지징 기법을 동시에 고려하여 통합 비용을 최적화 하는 방식에 대한 연구도 있었다[2].

위치 확률 분포에 기반 한 지능형 페이지징 기법은 위치 등록비용이 증가하는 외에도 위치 영역 내의 셀들에서 페이지징 트래픽의 분포가 불균등해지는 단점이 있다. 이는 지능형 페이지징 기법이 선택적으로 셀들을 찾기 때문에 생기게 되는 문제이다. 이러한 문제점을 다루는 몇 가지 연구가 있었다. Rezaifar는 위치 확률 분포와 불균등한 페이지징 트래픽 분포를 고려한 지능형 페이지징 방식에 대해서 연구하였다[5]. 즉 큰 페이지징 부하 때문에 페이지징 요청이 차단되어 손실되는 것을 보였다. 하지만 셀 단위 페이지징에 대해서 연구하였는데 이는 비현실적이다. 왜냐하면 위치 영역 내 모든 셀들을 한 번에 하나씩 찾는 것은 페이지징 지연이 너무 크게 되기 때문이다. 무엇보다도 불균등한 페이지징 부하를 어떻게 고려하여야 하는지에 대해서 특별한 제안이 없었다. 한편 다른 연구에서는 단말의 위치 확률 분포와 페이지징 부하를 동시에 고려하는 페이지징 기법을 제안하였다[8]. 페이지징 부하가 큰 셀에서는 페이지징 지연이 크게 된다. 이를 고려하여 존재 확률이 크거나 페이지징 로드가 작은 셀들부터 찾아나가는 방식을 제안하였다. 그러나 전반적으로 불균등한 트래픽 부하 분포를 고려하고 이로 인한 영향을 해소하고자 하는 연구는 드물다.

기존의 지능형 페이지징 알고리즘들에 대한 연구들의 단점 중 하나는 시스템 입장에서 페이지징 성능에 대한 연구가 부족하다는 것이다. 지능형 페이지징 기법에 대한 연구는 기본적으로 각 단말입장에서 페이지징

트래픽 발생 비용과 페이징 지연 비용의 선형 결합 비용을 최소화하는 최적화 문제로써 다루졌다.

본 연구에서는 먼저 지능형 페이징 기법의 시간에 따른 페이징 지연이 어떠한지에 대한 시뮬레이션 환경을 구축하고 이에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 기존의 지능형 페이징 기법들이 위치 영역 내 셀들에서의 불균등한 페이징 트래픽 분포 때문에 특정 셀의 페이징 큐가 일찍 넘치고 이로 인한 페이징 트래픽 손실이 일어나는 것을 확인하였다. 이를 방지하기 위하여 셀 페이징 트래픽을 균등하게 만들기 위한 새로운 지능형 페이징 알고리즘을 제안하고 제안하는 방식이 기존 페이징 기법들에 비해서 페이징 용량을 월등히 향상시키는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II에서는 지능형 페이징 기법에서 페이징 비용의 유도에 대해서 정리하고 III에서는 제안하는 페이징 기법을 설명한다. IV에서는 기존 페이징 방식과 제안하는 페이징 방식의 성능을 시뮬레이션 결과를 통해서 비교하고 마지막으로 V에서는 결론을 맺는다.

II. 지능형 페이징 기법에서 페이징 비용의 유도

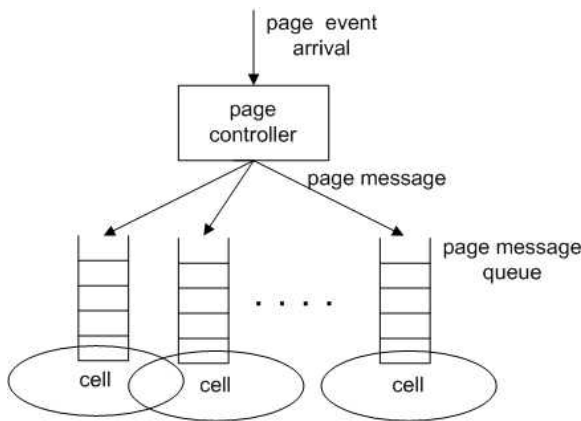


그림 1. 이동통신시스템에서 페이징 트래픽 발생도  
Fig. 1. Paging traffic generation in wireless communication networks.

그림 1은 이동통신시스템에서 페이징 시도가 도착 시 페이징 제어기에 의해서 페이징 메시지가 생성되어 각 셀에서 전송되는 것을 보여준다. 각 셀의 페이징 메시지 큐가 넘치면 페이징 메시지 손실이

일어나고 이는 시스템의 페이징 성능 저하로 이어진다.

한편 지능형 페이징 기법에서 페이징 비용은 다음과 같이 유도된다[8]. 단말이 위치 영역 내의 셀  $i$ 에 존재할 확률을  $\mu_i$ 라고 하고 이 셀에서 전송 대기 중인 페이징 트래픽의 양을 페이징 메시지 전송 시간으로 나눈 값을  $\rho_i$ 라고 한다. 위치 영역 내 셀들의 개수는  $N_c$  이고 페이징 영역들의 개수는  $N_p$  라고 하자.  $j$  번째 페이징 영역의 크기 즉 이 페이징 영역을 구성하는 셀의 개수는  $n_j$  이다.  $j$  번째 페이징 영역에서의 페이징이 성공할 확률을  $s_j$  라고 하면  $s_j = \sum_{i=m_{j-1}+1}^{m_j+n_j} \mu_i$  이며 이때  $m_j$  는 첫 번째 페이징 영역부터 ( $j-1$ )번째 페이징 영역까지 속하는 셀들의 수이다. 즉,  $m_{j-1} = \sum_{i=1}^{j-1} n_i$  이다.

$\overline{D}_j$ 는 페이징 성공 지연으로  $j$  번째 페이징 영역에서 페이징 대상 단말이 존재하는 경우에 이 영역으로 페이징 메시지들이 전송된 시점에서부터 페이징 완료까지 걸리는 시간이고  $\widehat{D}_j$  는 페이징 실패 지연으로  $j$  번째 페이징 영역에서 페이징이 실패하는 경우에 이 영역으로 페이징 메시지들이 전송된 시점에서부터 페이징 완료까지 걸리는 시간이다. 이들은 아래와 같이 구해진다.

$$\overline{D}_j = \frac{1}{s_j} \sum_{i=m_{j-1}+1}^{m_j+n_j} \mu_i \rho_i \tag{1}$$

$$\widehat{D}_j = \max(\rho_{m_{j-1}+1}, \dots, \rho_{m_{j-1}+n_j}) + d_f \tag{2}$$

여기서  $d_f$  는 페이징이 실패한 경우에 다음 페이징 영역을 찾기 시작할 때까지 걸리는 시간으로써 고정된 값을 가진다고 생각할 수 있다.

단말의 페이징 시도 도착 시부터 페이징 성공 시까지 걸리는 총 페이징 지연은 다음과 같다.

$$D = \sum_{j=1}^{N_p} s_j \overline{D}_j + \sum_{j=1}^{N_p-1} [(1 - \sum_{i=1}^j s_i) \widehat{D}_j] \quad (3)$$

한편 식 3에서 우변의 첫 번째 부분은 위치 확률 분포와 페이징 부하 분포와 관계가 있긴 하지만, 특정 페이징 순서와는 무관하다. 따라서 우변의 두 번째 부분만이 페이징 순서에 영향을 받으므로 이 부분만을 페이징 지연 비용이라고 놓는다.

$$D_c = \sum_{j=1}^{N_p} [(1 - \sum_{i=1}^j s_i) \widehat{D}_j] \quad (4)$$

페이징 부하 비용  $L_c$ 은 페이징 성공 시까지 찾아야 하는 셀의 평균 개수이며 다음과 같이 표시된다.

$$L_c = \sum_{j=1}^{N_p} s_j n_j \quad (5)$$

이 때 특정 셀에서 페이징 목적 단말이 존재하고 이 셀에서 페이징이 수행되면 이 단말은 항상 페이징 메시지에 응답한다고 가정하였다. 즉, 한 셀에서 두 번 이상 페이징 메시지를 보낼 필요는 없다고 가정하였다.

총 페이징 비용  $C$ 는 페이징 부하 비용과 페이징 지연 비용의 선형 조합으로 정의된다. 즉,

$$C = L + w \widehat{D} = \sum_{j=1}^{N_p} [s_j n_j + w(1 - \sum_{i=1}^j s_i) \widehat{D}_j] \quad (6)$$

여기에서  $w$ 는 페이징 부하 비용과 지연 비용간의 상대적 중요성을 나타내는 페이징 비용 가중치이다.

위와 같이 페이징 비용을 정의한 이후에 이 비용을 최소화하는 페이징 영역을 결정하는 것이 기존의 지능형 페이징 기법들의 주요 접근 방식이었다. 즉, 위치 영역을 몇 개의 페이징 영역으로 나누고 각 페이징 영역에는 어떤 셀들을 포함시킬 것인가를 결정해야 한다. 위 방식의 변형으로는 페이징 지연 한계치를 만족시키는 조건하에서 페이징 부하 비용을 최소화하는 방식도 가능하다.

다항 시간 내에 위 문제의 sub-optimal 해를 구하는 알고리즘이 제안되었다[8],[9]. 먼저 위치 영역 내 모든 셀들을 탐색 기준치에 의거해서 정렬을 한다. 만일 위치 확률에 근거해서 셀을 탐색한다면, 탐색 기준치는 위치 확률이며 위치 확률이 높은 셀부터 낮은 셀 순서로 정렬을 한다. 위치 확률과 페이징 부하를 고려하는 경우에는 위치 확률을 페이징 부하로 나눈 값이 큰 셀이 앞으로 나오도록 정렬을 한다[8]. 이후 정렬된 셀 순서를 고려하여 페이징 비용을 최소화하도록 각 페이징 영역의 크기를 구한다. 정렬된 셀은 앞에서부터 순서대로 페이징 영역에 할당된다. 페이징 영역의 크기는 다음과 같이 구해진다. state  $n$ 을  $n$  개의 셀에 대해서 페이징 영역을 구하는 경우의 수들의 집합이라고 하자. state  $n$ 에서의 최소 비용을  $C_n$  이라고 하면 이는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$C_n = \min [k \sum_{i=1}^k \mu_i + w(1 - \sum_{i=1}^k \mu_i) \widehat{D}_1] + C_{n-k} \quad k=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

즉, 여러  $k$  값들에 따른  $C_{n-k}$ 가 주어진 상황에서  $C_n$  을 구하는  $k$ 값을 구하면 이 값이 첫 번째 페이징 영역에 속하는 셀 수가 된다. 따라서  $C_1$  부터 계산하기 시작하여 최종적으로  $C_n$ 까지 구하면 전체 페이징 비용을 최소화하는 페이징 영역의 수와 각 페이징 영역의 크기를 결정할 수 있다.

### III. 제안하는 페이징 알고리즘

먼저 본 논문에서는 시스템 입장에서의 페이징 성능 지표로써 시스템의 페이징 처리 용량을 정의한다. 이는 셀의 페이징 큐가 넘침으로써 생기는 페이징 메시지의 손실이 없이 시스템이 최대로 처리 가능한 페이징 시도의 도착율이다. 일반적인 의미에서 페이징 지연은 단말에 대한 페이징 시도가 시스템에 도착한 이후부터 단말이 페이징 메시지에 응답하여 단말의 통화 도착 신호가 울리기 시작하기까지의 시간이다. 이러한 페이징 지연은 수 초 이내만 되면 가

입자 입장에서는 큰 문제는 되지 않을 것이다. 특히 1 초 이내인 경우에는 수십 ms 이거나 수백 ms 이거나 가입자 입장에서의 차이는 거의 없다. 결국 가입자 입장에서의 페이징 지연 값 자체보다는 시스템 입장에서의 페이징 처리 용량이 페이징 기법 연구에서 더 중요한 성능 지표가 되어야 한다. 하지만 기존의 지능형 페이징 방식을 페이징 처리 용량 측면에서 연구한 논문을 드물었다. 본 논문에서는 이러한 페이징 처리 용량 관점에서 기존 지능형 페이징 기법들을 살펴보고 페이징 처리 용량을 최대화하는 새로운 페이징 기법을 제안한다.

기존 페이징 기법들은 주로 위치 확률 분포를 이용하여 페이징 영역을 설계한다. 위치 확률 분포가 불균등하기 때문에 지능형 페이징 기법을 이용하는 경우에는 어느 페이징 사건으로 인한 페이징 트래픽의 셀 간 분포도 불균등하게 된다. 따라서 전체적인 페이징 트래픽 부하가 낮은 경우에도 특정 셀에서의 페이징 트래픽 부하가 높을 수 있다. 이는 페이징 트래픽이 상대적으로 균등한 경우에 비해서 페이징 지연이 증가하게 되고, 무엇보다도 특정 셀의 페이징 큐가 넘치는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 전체적으로는 낮은 페이징 트래픽 부하 상황에서 특정 셀에서 페이징 메시지 손실이 일어나고 페이징 처리 용량에 일찍 도달할 수 있다. 위치 확률 분포를 사용하는 이유는 높은 위치 확률을 가지는 셀부터 탐색해서 주어진 페이징 부하 상황에서 페이징 지연을 줄이고 시스템에 추가되는 페이징 부하를 최소화하는 것이다. 하지만 이로 인해서 페이징 부하 분포가 불균등해져서 결국 페이징 처리 용량이 낮아지게 된다.

제안하는 방식에서는 지능형 페이징 접근 방식에 기반 하지만 위치 확률 분포에 기반 하여 페이징 영역을 정하지 않고, 각 셀의 페이징 큐에서 현재 존재하는 페이징 부하 분포를 고려하여 페이징 영역을 정한다. 즉 위치 확률이 높은 셀부터 찾는 것이 아니라 페이징 부하가 작은 셀부터 찾아 나가게 된다. 이러한 접근 방식은 결과적으로 모든 셀에서의 페이징 부하 분포가 상대적으로 균등하도록 만들고 이로 인해서 페이징 처리 용량이 늘어날 수 있을 것이다. 제안 알고리즘의 수행 순서는 아래와 같다.

Step-1) 위치 영역 내 각 셀들은 주기적으로 자신의 페이징 큐에서 대기 중인 페이징 메시지들의 수를 페이징 제어기에게 알려준다.

Step-2) 페이징 제어기는 위치 영역 내 셀들을 페이징 부하가 가장 작은 셀부터 순서대로 정렬한다.

Step-3) 식 6과 7을 이용하여 최적 페이징 영역의 개수와 각 페이징 영역의 크기를 결정한다.

Step-4) 각 페이징 영역에 정렬된 셀을 순서대로 할당하고 페이징 메시지를 전송한다.

#### IV. 성능 시뮬레이션

페이징 기법들의 성능을 보기 위하여 단말들의 위치 존재 확률 분포와 페이징 기법들을 변화시켜가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 위치 영역은 100개의 셀들로 이루어져 있다. 시뮬레이션의 편이성을 위해서 위치 영역 내 셀들은 일직선으로 존재한다고 가정하였고, 가장 앞과 가장 끝의 셀이 위치 영역 경계라고 가정하였다. 단말들의 위치 확률 분포는 지수 함수 분포를 가진다고 가정하였다. 즉 기준 셀에서의 위치 확률이 가장 높고 이 셀을 중심으로 거리가 멀어질수록 위치 확률 값들이 더 감소한다. 기준 셀은 위치 영역 내 셀들 중에서 균등 확률로 선택한다. 이 기준 셀은 가장 최근에 위치 등록이 일어난 셀이라고 할 수 있을 것이다. 기준 셀에서  $i$ 번째 떨어진 셀에서 특정 단말이 존재할 확률  $\mu_i = e^{-ai} - e^{-a(i+1)}$  이다. 지수 함수의 특성은 정도는 평균  $1/a$ 과 분산  $1/a^2$ 으로 표시될 수 있는데, 평균  $1/a$ 을 바꿔가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 이렇게 구한 위치 확률들은 모두 더한 값이 1이 되도록 추후에 normalization 을 하였다. 위치 등록이 자주 일어날수록 위치 확률의 정확도는 증가하고 평균값과 분산은 줄어들 것이다.

각 셀은 페이징 메시지를 저장하기 위한 큐를 가지면 큐의 크기는 1200으로 하였다. 이동통신시스템은 1.66ms의 슬롯 단위로 동작한다고 가정하였고 한 슬롯에서 전송되는 페이징 메시지의 개수는 3이다. 시뮬레이션 시간은 18000 슬롯으로 하였고 처음 600 슬롯동안의 데이터는 수집하지 않았다. 페이징 사건의 도착은 포아송 분포를 가진다고 가정하였다. 슬

롯 당 평균 도착 수는 0.1씩 증가시켜 가면서 시뮬레이션을 수행하였다.

하나의 페이징 사건의 도착으로 인해서 어떤 셀들에서 페이징 메시지들이 전송될 것인가는 고려하는 페이징 기법이 무엇인가에 따라서 달라진다. 어떤 페이징 영역에서의 페이징이 실패하여 그 다음 페이징 영역에서 페이징을 수행하려고 할 때는 그 사이에 10ms 의 시간 지연이 필요하다고 가정하였다. 이 값은 식 2의  $d_f$  값이다. 목적 단말이 존재하는 셀에서 페이징이 일어나면 이 단말은 항상 페이징에 응답한다고 가정하였다. 페이징 큐가 모두 찬 상태에서 새로운 페이징 메시지가 셀에 도착하면 큐에서 대기 중인 페이징 메시지를 덮어쓰게 되고 이에 따라서 페이징 메시지의 손실이 발생한다. 이 경우가 발생하기 바로 이전의 페이징 사건 도착율이 페이징 처리 용량이 된다.

그림 2는 위치 확률 분포의 평균이 5일 때에, 그림 3은 위치 확률 분포의 평균이 1일 때에 각각 지능형 페이징 기법들의 페이징 처리 용량을 비교한 것이다. 그림에서 가로축은 식 6의 페이징 비용의 가중치를 의미하고 세로축은 슬롯 당 평균 도착하는 페이징 시도수를 의미한다. 방식 1과 방식 2는 기존의 전형적인 페이징 방식들로서 페이징 영역 결정시에 방식 1은 위치 확률 분포를 고려하고[4] 방식 2는 위치 확률 분포와 페이징 트래픽 분포를 동시에 고려하며[8] 방식 3은 본 논문에서 제안한 방식으로 페이징 트래픽 분포만 고려한다. 제안한 방식 3이 다른 방식들에 비해서 페이징 처리 용량이 월등히 향상되었음을 알 수 있다. 특히 페이징 비용 가중치가 낮을수록 처리 용량이 더 크다. 이는 식 6에서 보는 바와 같이 페이징 비용 가중치가 크면 그만큼 이 단말 입장에서의 페이징 지연 비용의 중요도가 커진다. 이 경우에 페이징 메시지를 많이 발생시키더라도 한꺼번에 많은 셀들을 한 번에 찾으려고 하게 된다. 따라서 전체 페이징에 가까워지게 되며 이에 따라서 슬롯 당 메시지 전송 수는 3에 가까운 페이징 처리 용량을 가지게 되는 것이다.

그림 4에서는 페이징 방식에 따른 페이징 처리 용량에서의 평균 페이징 큐 크기를 비교한 것이다. 페이징 방식 3이 가장 높은 페이징 큐 크기를 가진

다. 이는 그 만큼 페이징 큐 크기의 분산이 작다는 것을 의미한다. 분산이 크다면 낮은 평균 큐 크기에서도 페이징 메시지 손실이 일어날 수 있기 때문에 그 만큼 페이징 처리 용량이 작아지게 된다.

표 1은 페이징 처리 용량 부근에서의 페이징 시도 도착부터 페이징 성공 시까지의 지연 시간이다. 제안하는 방식이 가장 지연이 길고 단말의 위치 확률 분포만 고려하는 방식 1이 전반적으로 가장 지연이 짧음을 볼 수 있다. 하지만, 가장 지연이 긴 경우에도 약 450 슬롯, 약 700ms 정도의 지연으로써 이 정도의 페이징 지연은 사용자가 느끼지 못할 정도의 값으로 생각이 된다. 따라서 제안하는 방식은 적당한 페이징 지연 한도 내에서 시스템의 페이징 처리 용량을 기존 방식들에 비해서 크게 향상 시킬 수 있다.

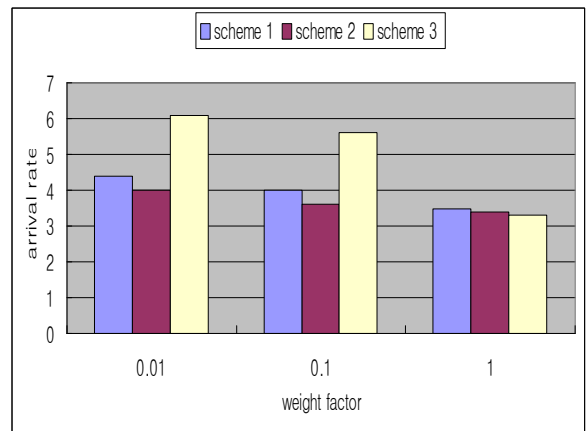


그림 2. 지능형 페이징 기법들의 페이징 처리 용량 (위치 확률 분포 평균이 5)

Fig. 2. Paging Processing Capacity of Intelligent Paging Schemes (Location Probability Distribution Average = 5).

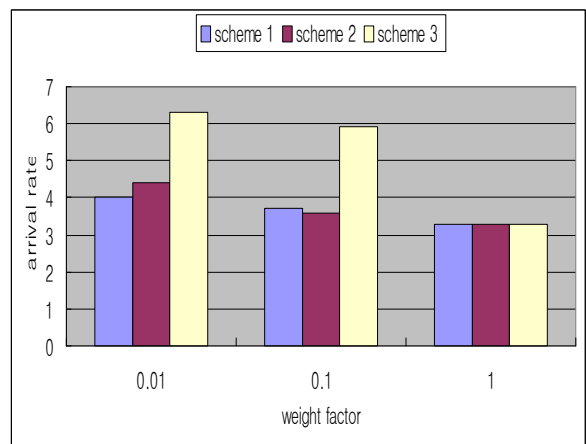


그림 3. 지능형 페이징 기법들의 페이징 처리 용량 (위치 확률 분포 평균 = 1)

Fig. 3. Paging Processing Capacity of Intelligent Paging Schemes (Location Probability Distribution Average = 1).

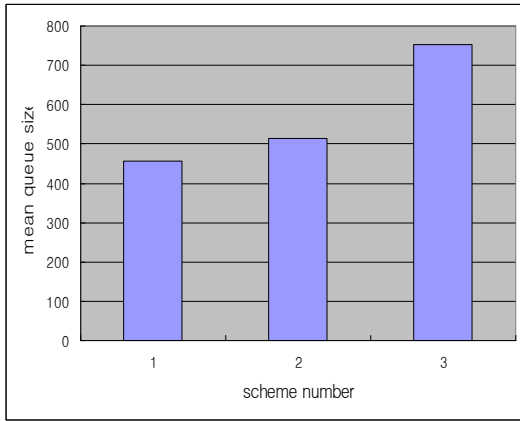


그림 4. 페이징 방식에 따른 페이징 처리 용량 시 평균 페이징 큐 크기의 변화( 페이징 비용 가중치 = 0.01, 위치 확률 분포 평균 = 5)

Fig. 4. Mean Paging Queue Size in Paging Processing Capacity of Paging Schemes, (Paging Cost Weight Factor = 0.01 and Location Probability Distribution Average = 5).

표 1. 페이징 방식에 따른 평균 페이징 지연의 크기 (단위 슬롯, 위치 확률 분포 평균 = 1)

Table 1. Average Paging Delays of Paging Schemes (metric slot, Location Probability Distribution Average = 1).

	페이징 비용 가중치		
	0.01	0.1	1.0
방식 1	142	37	35
방식 2	192	92	103
방식 3	450	337	122

### V. 결 론

본 논문은 이동통신 시스템에서 페이징 용량을 최대화하기 위한 새로운 지능형 페이징 기법을 제안하고 분석하였다. 페이징 트래픽 감소를 위한 기존의 지능형 페이징 기법들이 주로 페이징 목적 단말들의 위치 확률 분포를 이용함에 반하여 제안하는 알고리즘에서는 위치 영역 내의 셀들의 페이징 트래픽 부하의 분포를 고려하여 그 분포를 평균화하도

록 페이징 영역을 결정하였다. 제안하는 알고리즘은 기존의 지능형 페이징 기법들에 비해서 위치 등록의 양을 줄일 수 있으면서도 페이징 처리 용량을 크게 향상시킴을 확인할 수 있다.

### 감사의 글

본 논문은 한국항공대학교 인터넷정보검색연구센터(IRC) 및 한국전자통신연구원 지원에 의하여 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] P. S. Bharacharjee, D. Sahah and A. Mukherjee, "Intelligent paging strategies for third generation personal communication services networks," *Journal of Interconnection Network.*, vol. 1, no. 3, pp. 153-171, 2000.
- [2] D. J. Lee and D. H. Cho, "On optimum timer value of area and timer-based location registration scheme," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 5, no. 4, pp. 148-150, 2001.
- [3] S. Mishra and O. K. Tonguz, "New metric for analyzing multi-step paging schemes in mobile networks," *Proc. IEEE VTC'2001*, vol. 4, pp. 2590-1594, 2001.
- [4] C. Rose and R. Yates, "Ensemble polling strategies for increased paging capacity in mobile communication networks," *Wireless Networks*, vol. 3, no. 2, pp.159-167, 1997.
- [5] R. Rezaifar and A. M. Makowski, "From optimal search theory to sequential paging in cellular networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.* vol. 15, no. 7, pp. 1253-1264, 1997.
- [6] O. K. Tonguz, S. Mishra and H. Jung, "A simple analytical framework for location management in personal communication systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.* vol. 47, no. 2, pp.428-439, 1998.
- [7] W. Wang, I. F. Akyildiz and G. L. Stuber, "An

- optimal paging scheme for minimizing signalling costs under delay bounds," *IEEE Commun. Lett.* vol. 5, no. 2 pp. 43-45, 2001.
- [8] D. J. Lee and H. J. Lee and D. H. Cho, "Effective paging strategy based on location probability of mobile station and paging load distribution of base station in mobile communication networks," *Wireless Networks*, vol. 12, no. 3 pp. 395-402, 2006.
- [9] J. Pearl, *Heuristics: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, Addison-Wesley, 1994.

#### 이 동 준 (李東俊)

1994년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학사)  
 1996년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)  
 2000년 8월 : 한국과학기술원 전자전산학과(공학박사)  
 2000년 9월 ~ 2005년 2월: 삼성전자 책임연구원  
 2005년 3월 ~ 현재: 한국항공대학교 전임강사  
 관심분야 : 이동성관리, QoS 스케줄링, CDMA/OFDM  
 자원 관리