

# 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법의 성능 개선

김 경 희\* · 임 태 진\*\* · 강 경 훈\*\*\* · 백 장 현\*\*\*\*

## Performance Improvement of Paging Scheme Using Paging Agent

Kyung Hee Kim\* · Tae Jin Lim\*\* · Kyeong Hoon Kang\*\*\* · Jang Hyun Baek\*\*\*\*

### Abstract

Due to limited radio resource, an effective paging strategy is essential for improving the utility of radio channels. In current mobile communication networks, when a mobile-terminated call occurs, the network locates the mobile by paging all cells within the location area simultaneously. In this study, we introduces paging strategies that can page some cells or only one cell within the location area to reduce paging cost on radio channels using paging agents. We propose another new paging strategy that can page only one cell within the location area and may have better performance. We also compare the performance of our proposed paging strategy with the performance of the current simultaneous paging strategy and some new paging strategies using paging agents. This paper suggests the most effective paging strategy using mathematical models. The result of this research will be used to select a proper paging strategy in the mobile communication networks.

Keywords : Paging, Simultaneous Paging, Paging Agent

논문접수일 : 2005년 7월 27일

논문게재확정일 : 2006년 6월 7일

\* 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-002-D00375).

\* 주저자, 동부정보기술 과장, e-mail : khkim@dongbu.com

\*\* 숭실대학교 교수

\*\*\* (주)케이벨 대표

\*\*\*\* 교신저자, 전북대학교 공학연구원 공업기술연구센터 · 산업정보시스템공학과 교수, (561-756)전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14번지  
Tel : 063-270-2330, Fax : 063-270-2333, e-mail : jbaek@chonbuk.ac.kr

## 1. 서 론

한정된 무선 자원으로 많은 가입자에게 이동통신 서비스를 제공하기 위해서는 무선 자원의 효율을 높여야 한다. 최근의 이동통신망은 셀의 소형화, 높은 사용자 밀도, 높은 이동성 및 광역로밍(roaming)을 특징으로 하고 있기 때문에 이동국(mobile station)의 위치를 효율적으로 추적할 수 있는 위치등록 방법과 함께 무선 자원의 효율을 높일 수 있는 페이징 방법이 모색되어야 한다[Kim, 1995; Hong, 2002].

페이징(paging)이란, 이동통신망에서 이동국으로의 착신호가 발생하면 이를 해당 이동국에 연결해 주기 위해 이동통신 시스템이 위치영역(location area, LA)내의 기지국(base station, BS)을 통하여 페이징 메시지를 보내고, 페이징 메시지를 수신한 해당 이동국에서는 응답 메시지를 보내 호를 연결시켜 주는 일련의 과정을 말한다.

현재의 이동통신망에서는 호 발생시 위치영역내 모든 셀에 동시에 페이징하는 방법을 사용하고 있다. 이 방법은 구현이 간단하며 페이징 메시지가 이동국에게 확실하게 전달된다는 장점이 있지만 위치영역내 모든 기지국이 페이징 메시지를 송신한다는 점을 고려할 때 무선 채널의 효율적 이용이라는 측면에서는 다소 문제가 있다. 따라서 이러한 동시 페이징(simultaneous paging)을 개선하여 무선 채널의 부하를 줄이기 위한 여러 연구결과가 발표되었다[Rose, 1997]. 이동국의 위치에 대한 확률값이나 이동 정보에 근거한 방법[Rose, 1999; Wan, 1999]이나 페이징 비용을 줄일 수 있는 위치등록 방법[Mao, 2002] 등이 그러한 연구 결과들이다.

이러한 여러 페이징 방법 중에서도 가장 활발하게 다루어지는 페이징 방법은 선택적 페이징 방법(selective paging)[Rose, 1995; Akyldiz,

1996; Mao, 2000]이라고 할 수 있다. 선택적 페이징이란 위치영역에 속한 셀을 이동국이 속할 가능성에 따라 몇 개의 소영역으로 나누고, 이동국이 속할 확률이 높은 소영역에서 시작하여 이동국이 응답할 때까지 순차적으로 페이징해 나가는 방법이다. 중간 단계의 소영역에서 이동국이 응답할 경우 나머지 소영역에는 페이징할 필요가 없으므로 기존의 동시 페이징에 비하여 페이징 부하를 줄일 수가 있다. 소영역을 몇 개로 나눌 것인가, 소영역을 어떻게 나눌 것인가 등에 따라 여러 가지 연구가 수행되었다[Ho, 1995; Chung, 2003]. 그러나 이 방법은, 페이징 메시지를 보낸 후 응답 메시지를 기다리고 응답이 없을 경우 다음 소영역에 새로 페이징 메시지를 보내는 절차를 반복해야 하기 때문에, 페이징을 요청하여 이동국의 응답을 받을 때까지의 페이징 지연(paging delay)이 커져서 실제 이동통신 시스템에 구현하기에는 현실적으로 문제가 있다[Li, 2000; Ryu, 2003]. 이러한 측면에서 최근 발표된, 페이징 에이전트(paging agent, PA)를 이용한 새로운 페이징 방법들을 주목할 필요가 있다.

본 연구에서는 페이징 에이전트를 도입하여 위치영역내 일부 또는 하나의 셀에만 페이징하는 페이징 방법을 소개하고 이들의 성능을 분석, 비교하고자 한다. 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법은 기지국에 페이징 에이전트를 두는 방법(base station paging agent, BSPA)[Suh, 2003]과 중앙 페이징 에이전트를 두는 2단계 페이징 방법(2-step paging agent, 2SPA)[Baek, 2004]으로 나누어 볼 수 있다. 최근에 발표된 2SPA의 경우, 페이징 에이전트를 이용하여 위치영역내 하나의 셀에만 페이징함으로써 좋은 성능을 제공할 수 있다.

본 연구에서는 2SPA와 마찬가지로 위치영역내 하나의 셀에만 페이징을 수행하는 새로운 페

이징 방법을 제안한다. 제안하는 위치영역 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법(location area paging agent, LAPA)은, 모든 셀에 페이징 에이전트를 갖는 기존의 방법들과는 달리 위치영역 전체를 관장하는 하나의 위치영역 페이징 에이전트를 이용하여 위치영역내 하나의 셀에만 페이징을 수행하며 기존의 방법보다 우수한 성능을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 가장 효율적인 페이징 방법을 파악하기 위하여 현재 이동통신망에서 사용하고 있는 동시에 페이징하는 방법(simultaneous paging, SP)과 페이징 에이전트를 이용하여 페이징하는 방법들, 즉 BSPA, 2SPA 그리고 LAPA를 고려한다. 본 연구에서는 육각형 셀 환경하에서 랜덤 워크(random walk) 이동성 모형(mobility model)[Akyildiz, 2000]을 가정하여 각 페이징 방법들의 페이징 비용을 구한다. 또한 다양한 경우에 대한 수리적 결과를 통하여 무선 자원에서의 페이징 비용이 최소가 되는 가장 효율적인 페이징 방법을 파악하고자 한다.

서론에 이어 2장에서는 현재 시스템에서 사용되는 페이징 방법 SP, 그리고 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법인 BSPA, LAPA에 대해 설명하고 아울러 성능 분석을 위한 시스템 환경을 기술한다. 3장에서는 본 연구에서 새로 제안하는 LAPA에 대하여 기술하고 4장에서는 페이징 비용을 계산할 수 있는 분석 모형을 제시하고 이를 토대로 각 페이징 방법들의 성능을 분석한다. 5장에서는 다양한 수리적 분석결과를 제시하고 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 기존의 페이징 방법

### 2.1 시스템 환경

현재의 이동통신망은 영역기준 위치등록을

사용하고 있으며 한 영역은 여러 개의 셀로 구성된다. 본 연구에서는 분석의 편의상 하나의 MSC가 동일한 모양의  $N(R)$ 개의 육각형 셀들로 구성되어 있는 환경을 가정한다.  $R$ 은 하나의 MSC가 관장하는 위치영역 내에서 중심 셀로부터 경계까지의 셀 수로 정의되는 기준반경(reference radius)이다. 이와 같은 시스템 환경에서 기준거리  $R$ 과 셀의 수  $N(R)$  사이에는  $N(R) = 3R(R-1)+1$ 의 관계가 성립한다. 예를 들어 기준거리  $R$ 이 2이면 위치영역내 셀의 수는 7, 기준거리  $R$ 이 3이면 위치영역내 셀의 수는 19개가 된다.

### 2.2 동시 페이징 방법과 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법

먼저 현재 이동통신망에서 사용하고 있는 동시 페이징(SP)과 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법들을 기술한다.

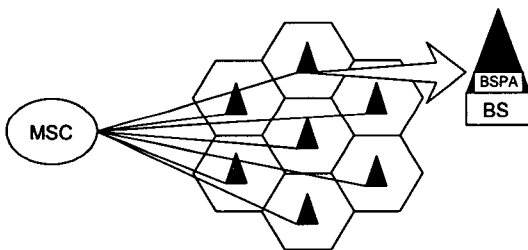
#### (1) SP

현재 대부분의 이동통신 시스템은 SP 방법을 채택하고 있다. SP에서는 착신호가 발생하면 MSC가 관장하는 위치영역내 모든 기지국에 페이징 요청을 하고, 모든 기지국은 자신의 셀에 페이징한다. 이 방법은 구현이 간단하며 페이징 메시지가 이동국에게 확실하게 전달된다는 장점이 있지만 위치영역내 모든 기지국이 페이징 메시지를 방송한다는 점을 고려할 때 무선 채널의 효율적 이용이라는 측면에서는 다소 문제가 있다. 따라서 최근에 위치영역내 모든 셀에 페이징하는 SP과 달리 페이징 에이전트를 도입하여 위치영역내 일부(BSPA) 또는 하나(2SPA)의 셀에만 페이징하는 방법들이 제시되었다.

#### (2) BSPA

페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법의 효

시가 되는 BSPA에서는 기지국마다 페이징 에이전트를 도입한다. 이동국이 새로운 셀로 진입하면 기지국의 페이징 에이전트 리스트에 MID (Mobile's ID)를 저장한다. 이동국으로의 착신호 발생시 MSC가 관장하는 위치영역내 모든 기지국에 페이징 요청을 하면, 기지국은 자신의 페이징 에이전트 리스트를 검색하여 리스트에 해당 MID가 있을 경우에만 페이징 메시지를 방송(broadcast)한다[Suh, 2003]. BSPA의 셀의 구성 및 페이징 에이전트의 위치를 <그림 1>에 나타내었다. 그림에서는 편의상 하나의 기지국에만 기지국 페이징 에이전트(BSPA)를 나타냈지만 실제로는 위치영역내 모든 기지국에 기지국 페이징 에이전트가 있어야 BSPA 페이징 방법이 작동 가능하다.



<그림 1> BSPA의 셀의 구성 및 페이징 에이전트

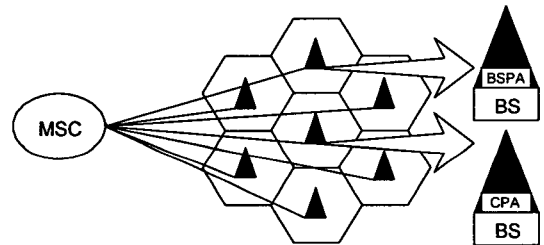
이러한 절차에 따라 페이징을 수행할 경우, 위치영역내 모든 셀에 페이징하지 않고 이동국이 방문한 셀들에만 페이징을 하게 되어 기존의 SP에 비하여 페이징 비용이 줄어들게 된다. 하지만 이동국이 위치영역내 대부분의 셀을 방문한 경우에는 SP와 비슷한 성능을 보인다는 측면에서 여전히 성능 개선의 필요가 있다.

BSPA에서 도입한 페이징 에이전트의 개념을 이용하되, BSPA보다 성능이 개선된 페이징 방법이 모색되었는데 2SPA와 LAPA가 대표적이다. 2SPA와 LAPA에서는 페이징 에이전트를 이용하여 위치영역내 하나의 셀에만 페이징 메

시지를 방송할 수 있는 방법을 제시하고 있다.

### (3) 2SPA

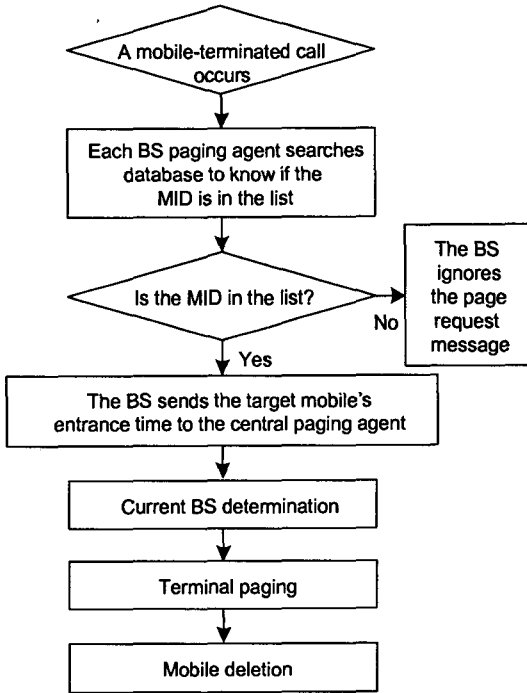
2SPA에서는 위치영역내 모든 기지국에 페이징 에이전트(BSPA)를 설치하고 또한 위치영역의 중앙 셀에는 위치영역내 모든 페이징 에이전트를 관장하는 중앙 페이징 에이전트(CPA, Central PA)를 설치한다. 따라서 2SPA의 셀의 구성 및 페이징 에이전트의 위치는 <그림 2>와 같다. 그림에서는 편의상 하나의 기지국에만 기지국 페이징 에이전트(BSPA)를 나타냈지만 실제로는 위치영역내 모든 기지국에 기지국 페이징 에이전트가 있어야 2SPA 페이징 방법이 작동 가능하다.



<그림 2> 2SPA의 셀의 구성 및 페이징 에이전트

이동국이 새로운 셀로 진입할 때마다 해당 기지국의 페이징 에이전트는 페이징 에이전트 리스트에 MID와 ENT(mobile's Entrance Time)를 저장한다. 착신호가 발생하여 MSC가 위치영역내 모든 기지국에 페이징 요청을 하면, 기지국은 자신의 페이징 에이전트 리스트를 검색하여 해당 MID가 있으면 중앙 페이징 에이전트에 MID와 ENT를 유선으로 보낸다. 중앙 페이징 에이전트는 수신한 ENT 값들을 비교하여 가장 최근의 ENT를 갖는 하나의 기지국을 찾아 해당 기지국에만 페이징 요청을 하면 그 기지국만 페이징 메시지를 방송(broadcast)한다[Baek, 2004]. 이러한 페이징 절차를 흐름도로

표시하면 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 이동국으로의 착신호 발생시 흐름도(2SPA)

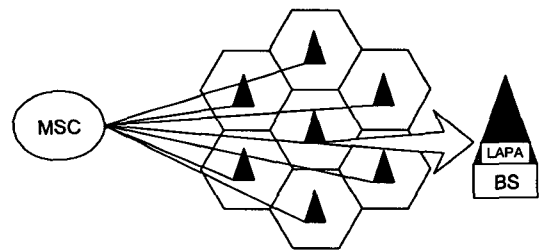
이러한 절차에 따라 페이징을 수행할 경우, 위치영역내 단 하나의 셀에만 페이징하여 해당 이동국을 찾을 수가 있다. 2SPA에서는 해당 이동국이 속한 하나의 셀에만 페이징하기 위해서 모든 이동국이 새로운 셀로 이동할 때마다 이동국의 ID에 추가하여 셀 진입시간(ENT)을 기지국의 PA에 저장하고 실제 착신호 발생시에는 이러한 정보를 CPA에서 수집, 비교하는 절차를 수행한다.

### 3. 위치영역 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법(LAPA)

앞서 기술한 2SPA의 경우, 페이징 에이전트를 이용하여 위치영역내 하나의 셀에만 페이징함으로써 좋은 성능을 제공할 수 있다. 그러나 2SPA의 경우, 착신호가 발생하면 각 기지국의

PA로부터 정보를 수집하고 이들을 비교하여 해당 이동국의 현재 위치를 결정하는 절차가 필요한데 이러한 절차를 착신호 발생 후에 수행하는 것은 착신호의 지연시간(delay)에 대한 서비스 품질(QoS, quality of service)을 저하시킬 우려가 있다. 따라서 착신호 발생과 관계없이 미리 정보를 수집하고 필요시, 즉 착신호 발생시에는 미리 수집한 정보를 비교하여 해당 이동국이 속한 셀에만 페이징을 요청하는 방법이 가능한지 고려할 필요가 있다. 본 연구에서 제안하는 LAPA가 이러한 기능이 가능한 페이징 방법이라고 할 수 있다.

LAPA 방법에서는 위치영역을 관장하는 위치영역 페이징 에이전트 하나만 필요하다. LAPA의 셀의 구성 및 페이징 에이전트의 위치를 <그림 4>에 나타내었다. 앞서의 BSPA나 2SPA와는 달리 LAPA에서는 그림에 나타난 바와 같이 위치영역내 모든 셀에 페이징 에이전트가 필요없으며 위치영역내의 대표적인 하나의 기지국에만 위치영역 페이징 에이전트(LAPA)를 두면 LAPA 페이징 방법이 작동 가능하다.



<그림 4> LAPA의 셀의 구성 및 페이징 에이전트

그림과 같이 하나의 페이징 에이전트를 둔 시스템 환경에서 착신호 발생시 하나의 셀에만 페이징을 수행하려면 어떤 기능들을 수행해야 하는지 살펴보자. LAPA의 원활한 작동을 위해서 각 구성요소들은 다음과 같은 기능들을 수행해야 한다.

• 정보 전달 기능

이동국이 현재의 기지국을 벗어나 현재의 위치영역내 새로운 기지국으로 진입하면 이동국은 액세스 채널(access channel)을 통하여 MID (mobile identification)를 포함한 짧은 메시지를 새로운 기지국으로 전송한다. 기지국은 유선(wired cable)으로 MID와 BID(base station identification)를 포함한 짧은 메시지를 위치영역 페이징 에이전트로 전송한다.

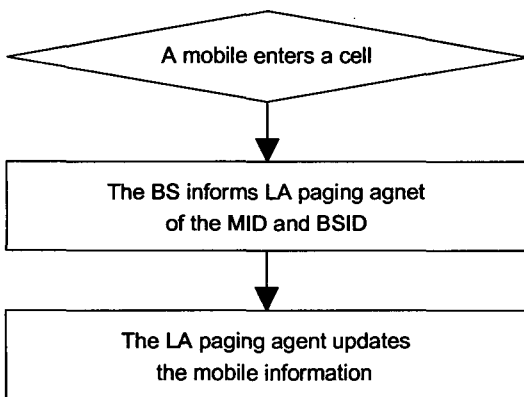
• 이동국 위치정보 갱신 기능

위치영역 페이징 에이전트가 MID와 BSID를 받으면 해당 이동국의 위치정보(해당 기지국)를 갱신한다. 그 결과 위치영역 페이징 에이전트는 각 이동국이 속한 기지국에 대한 정확한 정보를 유지할 수 있다.

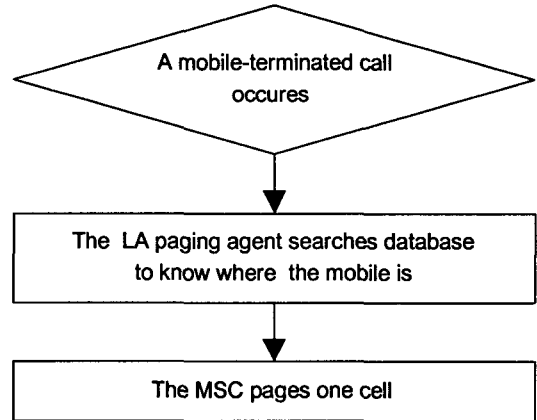
• 이동국 검색 기능

이동국에 대한 착신호가 발생하면 위치영역 페이징 에이전트는 데이터베이스를 검색하여 해당 이동국이 어느 기지국에 있는지 확인하고 해당 기지국에만 페이징을 요청한다.

위의 기능에 따른 페이징 절차를 흐름도로 표시하면 <그림 5>, <그림 6>과 같다.



<그림 5> 이동국의 셀 진입시 흐름도(LAPA)



<그림 6> 이동국으로의 착신호 발생시 흐름도(LAPA)

이러한 절차에 따라 페이징을 수행할 경우 위치영역내 단 하나의 셀에만 페이징하여 해당 이동국을 찾을 수가 있다. 하나의 셀에만 페이징을 수행한다는 면에서는 앞서 기술한 2SPA와 유사하지만, 제안하는 LAPA에서는 지연시간(delay)에 대한 QoS를 저하시키지 않도록 이동국이 셀에 진입할 때마다 미리 정보를 수집하고 착신호 발생시에는 미리 수집한 정보를 비교하여 해당 이동국이 속한 셀에만 페이징을 요청하는 절차를 수행한다. 따라서 2SPA보다 지연시간의 관점에서 보다 유리하다고 할 수 있다.

그러나 지연시간에 대한 LAPA와 2SPA의 차이점은 유선상에서 한 번의 메시지 전송에 관계되는 것으로 그러한 처리를 하는 데에 실제로 추가되는 시간은 매우 작을 것이므로 그 차이 때문에 LAPA가 우수하다고 단정하기는 어렵다. 실제 페이징 에이전트를 이용하여 하나의 셀에만 페이징을 수행한다는 측면에서는 두 방법이 매우 유사하므로 정확한 성능 비교를 수행할 필요가 있다. LAPA를 포함하여 본 연구에서 다루는 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법에서는 무선 채널에서의 페이징 부하를 줄이기 위하여 페이징 에이전트가 필요하며 이를 이용하여 위치영역내 일부(BSPA) 또는 하나(2SPA, LAPA)의 셀에만

페이징 메시지를 방송할 수 있다. 그런데 이 과정에서 비록 무선 채널이 아닌, 유선상에서의 처리절차이기는 하나 여러 번의 프로세스(process)를 처리해야 한다. 본 연구에서는 무선 비용과 아울러 이러한 유선 비용까지 고려하여 2SPA와 LAPA의 성능을 분석, 비교하고자 한다.

#### 4. 분석 모형

본 장에서는 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법, 즉 BSPA, 2SPA, LAPA의 성능분석을 구하기 위한 분석모형을 제시한다. 위치등록 부하는 페이징 방법에 관계없이 동일할 것이므로 성능 비교를 위한 분석에서 위치등록 비용은 고려하지 않는다. 또한 각 페이징 방법의 페이징 에이전트 수의 차이도 시스템 구축 초기에만 관계되는 고정 비용이므로 별도로 고려하지 않는다.

##### 4.1 BSPA의 페이징 비용

다음으로 BSPA의 페이징 비용  $C_{BSPA}(i)$ 는 다음과 같다.

$$C_{BSPA}(i) = C_L \times N(R) + C_T \times i + C_D \times (i-1) \quad (1)$$

식 (1)에서  $C_L$ 은 착신호 발생시 이동국이 거쳐간 셀을 찾기위해 페이징 에이전트 리스트를 검색하는 비용이다.  $C_T \times i$ 는 이동국이 거쳐간  $i$ 개의 셀에 페이징하는 비용이다.  $C_D \times (i-1)$ 은 페이징을 한 후 현재 이동국이 속하지 않은  $(i-1)$ 개의 셀에 대해 페이징 에이전트 리스트에서 해당 이동국의 정보를 삭제하는 비용이다.

즉, BSPA의 경우 착신호가 발생하면 위치영역내 모든 기지국의 페이징 에이전트에서 해당 이동국의 정보를 검색하여( $C_L \times N(R)$ ) 해당 이동국이 거쳐간 셀에 페이징하고( $C_T \times i$ ) 응답이 오지않는 기지국의 페이징 에이전트 리스트에서

해당 이동국의 정보를 삭제한다( $C_D \times (i-1)$ ).

##### 4.2 2SPA의 페이징 비용

또한 2SPA의 페이징 비용  $C_{2SPA}(i)$ 는 다음과 같다.

$$C_{2SPA}(i) = \begin{cases} C_L \times N(R) + C_R \times i + C_C + C_T + C_D \times (i-1), & i \neq 0 \\ C_L \times N(R) + C_R \times C_T, & i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)에서  $C_R \times i$ 는 이동국이 진입한 셀들이 해당 MID와 ENT를 중앙 페이징 에이전트에 유선으로 보고하는 비용이다.  $C_C$ 는 중앙 페이징 에이전트가 ENT를 비교하는 비용이다.

즉, 2SPA의 경우 착신호가 발생하면 위치영역내 모든 기지국의 페이징 에이전트에서 해당 이동국의 정보를 검색하여( $C_L \times N(R)$ ) 해당 이동국이 거쳐간 기지국들은 해당 MID와 ENT를 중앙 페이징 에이전트로 보고하고( $C_R \times i$ ) 중앙 페이징 에이전트는 ENT를 비교하여( $C_C$ ) 현재 이동국이 속한 하나의 셀에만 페이징하게 하고( $C_T$ ) 나머지 기지국의 페이징 에이전트 리스트에서는 해당 이동국의 정보를 삭제한다( $C_D \times (i-1)$ ).

##### 4.3 LAPA의 페이징 비용

마지막으로 LAPA의 페이징 비용  $C_{LAPA}$ 는 다음과 같다.

$$C_{LAPA}(i) = C_L + C_T + C_F \times i + C_U \times i \quad (3)$$

식 (3)에서  $C_F \times i$ 는 이동국이 진입한 셀들이 MID와 BSID를 위치영역 페이징 에이전트에 전송하는 비용이다.  $C_U \times i$ 는 위치영역 페이징 에이전트 리스트에 등록하는 비용이다.

즉, LAPA의 경우 이동국이 셀에 진입할 때마

다 MID와 BSID를 위치영역 페이징 에이전트로 전송하면 ( $C_F \times i$ ) 이를 갱신하고 ( $C_U \times i$ ) 착신호가 발생하면 위치영역 페이징 에이전트는 해당 이동국의 정보를 검색하여 ( $C_L$ ) 현재 이동국이 속한 하나의 셀에만 페이징하게 한다 ( $C_T$ ). 이 경우에는 해당 이동국이 속하지 않은 나머지 기지국의 정보를 삭제하는 절차가 필요없다.

각 페이징 방법의 성능을 비교하기 위하여 도착하는 호의 수가 도착률  $\lambda_c$ 인 포아송 분포를 따르고, 이동국의 셀 체류시간은 모수가  $\lambda_m$ 인 지수 분포를 따른다고 가정한다. 수리적 분석의 편의상 이동국은 하나의 MSC가 관장하는 위치영역 내에서만 이동한다고 가정한다. 그러면 마코프 모델로부터 아래와 같은 요소로 구성되는 전이율 행렬 Q를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} q_{1,1} &= -\lambda_m \\ q_{N(R),N(R)} &= -\lambda_c \\ q_{i,1} &= \lambda_c, \quad i = 2, 3, \dots, N(R) \\ q_{i,i} &= -(\lambda_m + \lambda_c), \quad i = 2, 3, \dots, N(R) - 1 \\ q_{i,i+1} &= \lambda_m, \quad i = 2, 3, \dots, N(R) - 1 \end{aligned} \quad (4)$$

전이율 행렬 Q를 얻으면 다음의 두 방정식을 이용하여 호 도착간격 동안  $i$ 개의 셀에 진입할 안정상태 확률  $\pi_i$ 를 구할 수 있다[Ross, 1996].

$$\pi Q = 0 \quad (5)$$

$$\sum_i \pi_i = 1 \quad (6)$$

기준거리 반경이 R일 때 평균 페이징 비용,  $\bar{C}_{BSPA}(R)$ ,  $\bar{C}_{2SPA}(R)$ ,  $\bar{C}_{LAPA}(R)$ 은 근사적으로 다음과 같은 값을 갖는다.

$$\bar{C}_{BSPA}(R) = \sum_{i=1}^{N(R)} \pi_i C_{BSPA}(i) \quad (7)$$

$$\bar{C}_{2SPA}(R) = \sum_{i=1}^{N(R)} \pi_i C_{2SPA}(i) \quad (8)$$

$$\bar{C}_{LAPA}(R) = \sum_{i=1}^{N(R)} \pi_i C_{LAPA}(i) \quad (9)$$

이상의 수리적 분석에서 분석의 편의상 기존의 연구[Suh, 2003]와 마찬가지로 이동국은 하나의 위치영역 내에서만 이동한다고 가정하였는데 이는 호 도착간격 동안 진입할 수 있는 셀의 수를 최대  $N(R)$  개로 제한하게 되어 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법들의 경우 실제보다 페이징 비용이 다소 크게 나타날 수 있다. 그러나 페이징 에이전트를 이용한 페이징 방법들 모두가 그러한 영향을 받을 것이므로 상대적인 우열을 가리는 데에는 큰 문제가 없다고 판단된다.

## 5. 분석 결과

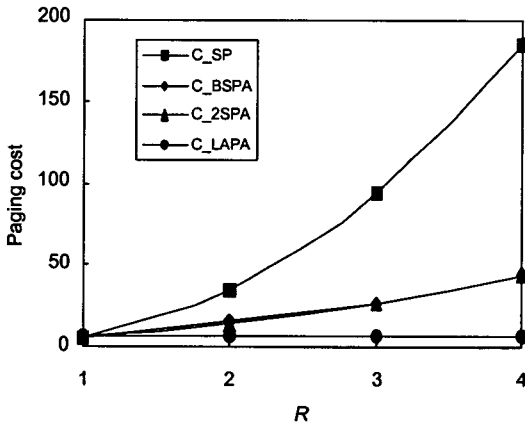
수리적 계산을 위한 대표적인 환경을  $R=2$ ,  $C_L=1$ 로 가정한다. 편의상 유선상에서의 처리 비용  $C_C$ ,  $C_R$ ,  $C_F$ ,  $C_U$ ,  $C_D$ 는 모두  $C_L$ 과 동일하다고 가정한다. 한정된 자원인 무선 채널에 관련된 셀당 페이징 비용과 유선상에서의 처리 비용의 크기에 따른 성능을 분석하기 위하여  $C_T/C_L$ 의 변화에 따른 각 페이징 방법의 성능을 비교한다. 또한 앞에서 언급한 대로 호 도착간격은 모수가  $\lambda_c$ 인 지수 분포를 따르고 이동국의 셀 체류시간은 모수가  $\lambda_m$ 인 지수 분포를 따른다고 가정한다. CMR(call-to-mobility ratio)을  $\lambda_c/\lambda_m$ 로 정의하고 CMR의 변화에 따른 각 페이징 방법의 성능을 비교한다.

<그림 7>은 R의 변화에 따른 페이징 비용의 변화를 보여준다. 그림에서 SP의 페이징 비용  $C_{SP}(i)$ 는 모든 셀에 페이징하는 비용이므로 간단하게  $C_{SP}(i) = C_T \times N(R)$ 으로부터 구해진다.

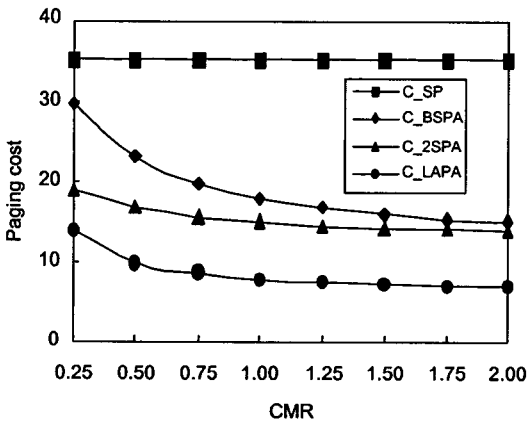
$C_T$ 는 한 셀당 페이징 비용,  $N(R)$ 은 위치영역내의 셀 수이다. 그림에서 알 수 있듯이 기준반경이 커져 셀의 수가 증가할수록  $C_{SP}$ 는 그에 비례하여 커진다. 반면에 전반적으로 페이징 에이전트를 이



용한 방법들은 페이징 비용의 증가가 매우 완만한 것을 알 수 있다. 특히  $C_{LAPA}$ 는 기준반경의 증가에도 대략 일정한 값을 유지하며 모든 경우에 대해 가장 페이징 비용이 낮다는 것을 알 수 있다.



〈그림 7〉 R의 변화에 따른 페이징 비용의 변화( $C_T/C_L=5$ )

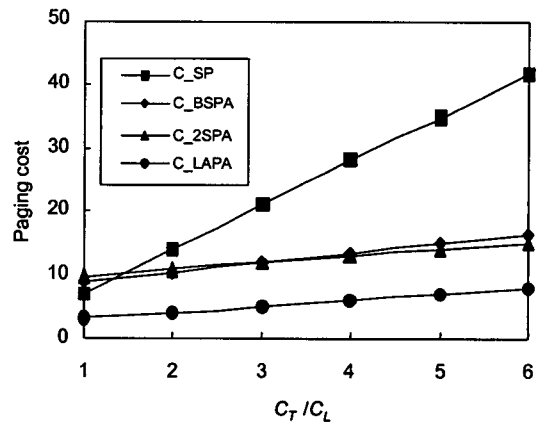


〈그림 8〉 CMR의 변화에 따른 페이징 비용( $C_T/C_L=5$ )

〈그림 8〉은 CMR이 변화함에 따른 페이징 비용의 변화를 보여준다. CMR은 통화의 빈도와 이동국의 이동성을 나타낸다. 높은 CMR은 통화 빈도가 높고 이동성이 낮다는 것을 의미한다. 즉 높은 CMR은 페이징이 자주 발생한다는 것을 의미하므로 높은 CMR에서 좋은 성능을 갖는 페이징 방법이 실제적으로 의미를 가질 수

있다. 〈그림 8〉로부터  $C_{LAPA}$ 가 CMR이 큰 경우를 포함하여 모든 CMR에 대해 페이징 비용이 가장 낮다는 것을 알 수 있다.

〈그림 9〉는  $C_T/C_L$ 이 변화함에 따른 페이징 비용의 변화를 보여준다. 〈그림 9〉로부터 전반적으로 페이징 에이전트를 이용한 방법들의 성능이 전반적으로 우수하지만  $C_{LAPA}$ 가 모든  $C_T/C_L$ 에 대해 페이징 비용이 가장 낮다는 것을 알 수 있다.



〈그림 9〉  $C_T/C_L$ 의 변화에 따른 페이징 비용

이상의 다양한 경우에 대한 성능 분석 결과로부터 페이징 에이전트를 이용하는 페이징 방법이 기존의 SP 방법에 비하여 우수한 성능을 가짐을 알 수 있으며 그 중에서도 LAPA가 가장 효과적인 페이징 방법임을 알 수 있다. 다만, 본 연구에서는 각 유선 비용의 정확한 값을 알기 어려워 편의상 모든 유선 비용의 값을 동일하게 가정하였는데 각 유선 비용의 정확한 값을 산출할 수 있게 된다면 보다 정확한 성능 비교가 가능할 것이다.

## 6. 결 론

이동통신망에서 한정된 무선 자원의 효율을 높이기 위해서는 효과적인 페이징 방법이 필수적이다. 본 연구에서는 페이징 에이전트를 이용

하여 위치영역내 일부 또는 하나의 셀에만 페이지징하는 페이지징 방법을 소개하고 기존의 방법과는 다른 방식으로 하나의 셀에만 페이지징할 수 있는 새로운 페이지징 방법을 제안하였다. 또한 제안하는 방법을 포함하여 페이지징 에이전트를 이용한 페이지징 방법들의 성능을 수리적 분석 모델을 이용하여 분석하고 여러 환경하에서 성능을 비교하였다. 다양한 수리적 결과로부터 제안한 LAPA가 가장 효과적인 페이지징 방법임을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 이동통신망에서 적절한 페이지징 방법을 선택, 운용하는 데에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Akyildiz, I.F., Ho, J.S.M., and Lin, Y.B., "Movement-based location update and selective paging for PCS networks", *IEEE/ACM Tr. on Networking*, Vol. 4, No. 4, 1996, pp. 629-638.
- [2] Akyildiz, I.F., Lin, Y.B., Lai, W.R., and Chen, R.J., "A new random walk model for PCS networks", *IEEE J. on Selected Areas in Communications*, Vol. 18, No. 7, 2000.
- [3] Baek, J.H. and Ryu, B.H., "An Efficient 2-Step Paging Strategy Using Paging Agents of Base Stations in Mobile Communication Networks", *ETRI Journal*, Vol. 26, No. 4, Oct. 2004.
- [4] Chung, Y.W., Sung, D.K., and Aghvami, A.H., "Effect of uncertainty of the position of mobile terminals on the paging cost of an improved movement-based registration scheme", *IEICE Tr. on Communications*, Vol. E86-B, No. 2, 2003, pp. 859-8602.
- [5] Ho, J.S.M. and Akyildiz, I.F., "Mobile user location update and paging under delay Constraints", *ACM-Baltzer J. Wireless Networks*, Vol. 1, No. 4, Dec. 1995.
- [6] Hong, C.S., Yim, K.W., Lee, D.Y., and Yun, D.S., "An Efficient Fault Tolerance Protocol with Backup Foreign Agents in a Hierarchical Local Registration Mobile IP", *ETRI Journal*, Vol. 24, No. 1, Feb. 2002, pp. 12-22.
- [7] Kim, B.C., Choi, J.S., and Un, C.K., "A New Distributed Location Management Algorithm for Broadband Personal Communication Networks", *IEEE Trans. Veh Technol.*, Vol. 44, No. 8, 1995, pp. 516-524.
- [8] Li, J., Kameda, H., and Li, K., "Optimal dynamic mobility management for PCS networks", *IEEE/ACM Tr. on Networking*, Vol. 8, No. 3, 2000, pp. 319-327.
- [9] Mao, Z. and Douligeris, C., "A location-based mobility tracking scheme for PCS networks", *Computer Communications*, Vol. 23, 2000, pp. 1729-1739.
- [10] Mao, Z., "An Intra-LA Location Update Strategy for Reducing Paging Cost", *IEEE Commun. Lett.*, Vol. 6, No. 8, 2002, pp. 334-336.
- [11] Rose, C. and Yates, R., "Location uncertainty in mobile networks : a theoretical framework", *IEEE Communications Magazine*, Feb. 1997.
- [12] Rose, C. and Yates, R., "Paging Cost Minimization under delay Constraints", *ACM-Baltzer J. Wireless Networks*, Vol. 1, No. 4, July 1995, pp. 211-220.
- [13] Rose, C., "State-Based Paging/Registration : a Greedy Technique", *IEEE Trans. Veh Technol.*, Vol. 48, No. 1, 1999, pp. 166-173.

- [14] Ross, S., *Stochastic Processes*, John Wiley & Sons, 1996.
- [15] Ryu, B.H., Ahn, J.H., and Baek, J.H., "Comparative performance evaluation of movement-based registration and distance-based registration", *IEICE Tr. on Communications*, Vol. E86-B, No. 3, 2003, pp. 1177-1180.
- [16] Suh, B.S., Choi, J.S., and Choi, S.I., "An Efficient Paging Strategy Based on Paging Agents of Base stations in Cellular Mobile Networks", *ETRI Journal*, Vol. 25, No. 1, Feb. 2003, pp. 55-58.
- [17] Wan, G. and Lin, E., "Cost Reduction in Location Management Using Semi-Realtime Movement Information", *ACM-Baltzer J. Wireless Networks*, Vol. 5, No. 4, 1999, pp. 245-256.

#### 저자소개

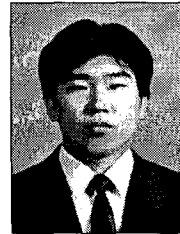


**김 경 희**  
전북대학교 산업공학과에서 학사, 석사, 박사 학위를 취득하였다. 2003년부터 2004년까지 University of California, Riverside에서 해외공동연구원으로 근무하였으며 2005년부터 동부정보기술 컨설팅사업부에서 근무하고 있다. 주요 관심분야는 최적화, 추계적과정, 차세대 이동통신 트래픽 제어, RFID 등이다.



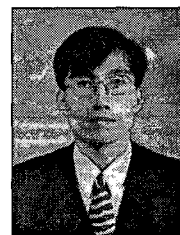
#### 임 태 진

서울대학교 산업공학과를 졸업하고 미국 Cornell 대학에서 산업공학 석·박사 학위를 취득하였으며, 현재 숭실대학교 산업정보시스템공학과 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 품질경영, 신뢰성, 6시그마와 데이터마이닝 등이다.



#### 강 경 훈

경북대학교 전자공학과에서 학사, 석사, 박사 학위를 취득하였으며 현재 (주)케이벨 대표이사로 재직 중이다. 1986년부터 2000년까지 한국전자통신연구원에서 책임연구원으로 근무하였고 2000년부터 2001년까지 (주)네츠필 연구소장으로 근무하였다. 주요 관심분야는 SS7, BcN, VoIP, Internet Traffic Monitoring 등이다.



#### 백 장 현

서울대학교 산업공학과에서 학사, 석사, 박사 학위를 취득하였으며 현재 전북대학교 산업정보시스템공학과 교수로 재직 중이다. 한국전자통신연구원에서 선임연구원, 초빙연구원으로 근무하였고 University of Colorado at Boulder에서 교환교수로 근무하였다. 주요 관심분야는 확률적 모델링, 통신망 설계 및 성능평가, 차세대 이동통신, 트래픽 제어 등이다.