

# 이동통신 시스템에서 사용자 이동경로를 이용한 SDF 단말기 페이징 기법의 성능향상

김규철<sup>0</sup>, 김용석

강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

kckim@kwnu.kangwon.ac.kr<sup>0</sup>, yskim@kangwon.ac.kr

## Performance Improvement of SDF Terminal Paging Scheme using User Movement History List in Mobile Communication Systems

Kyu-Chil Kim<sup>0</sup>, Yong-Seok Kim

Dept. of Computer Information and Communications Engineering, Kangwon National University

### 요약

단말기 페이징이란 특정한 이동 단말장치의 정확한 위치를 결정하는 과정을 말한다. 페이징 비용은 단말기를 찾기 위한 페이징 사이클의 수와 검색되는 셀의 수에 비례한다. 본 논문에서는 이러한 페이징 비용을 감소시키기 위하여, 실생활에서 단말기 사용자의 이동 패턴이 일정하다는 가정 하에 Shortest-Distance-First 방식에 단말기 사용자의 이동경로 이력 리스트를 부가한 이동경로 기반의 페이징 기법을 제안하고, 폴링 사이클의 수와 폴링 시그널의 수 관점에서 시뮬레이션을 통해 기존 SDF 단말기 페이징 기법과 성능을 비교 분석한다. 시뮬레이션 결과를 통하여 제안된 방식이 폴링 사이클과 폴링 시그널의 수를 감소시킴을 보여준다.

### 1. 서론

최근들어 이동통신 기술의 급속한 발전에 힘입어 다양한 휴대용 개인통신 서비스가 엄청나게 늘어나고 있다. 핸드폰 같은 개인통신기기를 휴대한 사용자의 이동통신이 자연스럽게 이루어지도록 지원하는 이동성관리(mobility management)는 크게 위치관리(location management)와 핸드오프관리(handoff management)로 구성된다[2]. 고정망과 무선망이 결합된 네트워크 환경에서 모바일 단말기의 위치관리는 크게 이동 사용자의 현재 위치를 네트워크에 수시로 등록하는 위치등록(또는 위치갱신, location update)과 네트워크 내에서 특정 단말기를 찾는 단말기 페이징(terminal paging)으로 구성된다[1].

위치등록과 단말기 페이징에 대한 연구는 다양한 관점에서 많이 이루어져 왔다[1][2]. 위치등록 단계에서 제공되는 정보에 따라 페이징 영역(paging area)이 달라지고, 페이징 과정 동안에 무선 대역폭을 소비하기 때문에 페이징 비용은 폴링 사이클의 수와 각 사이클에서 검색되는 셀의 수에 비례하게 된다. 즉 페이징 비용은 위치등록 방법에 영향을 받으며 일반적으로 위치등록이 정확하면 페이징 비용은 감소하게 되지만, 정확한 위치정보를 얻고 유지하기 위해서는 위치등록 비용이 증가된다. 따라서 동일한 위치등록 정보를 사용하여 폴링 사이클과 검색할 셀의 수를 줄일 수 있다면 페이징 비용을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 이러한 위치등록에 따른 페이징 비용을 감소시키기 위하여, 실생활에서 단말기 사용자의 이동 패턴이 일정하다는 가정 하에 Shortest-Distance-First[1] 방식에 단말기 사용자의 이동경로 이력 리스트를 부가한 이동경로 기반의 페이징 기법을 제안하고, 폴링 사이클의 수와 폴링 시그널의 수 관점에서 시뮬레이션을 통해 기존 SDF 단말기 페이징 기법과 성능을 비교 분석한다.

### 2. 위치관리

보통 이동통신을 위한 네트워크를 총칭하여 모바일 네트워크라 부르며 하나의 네트워크는 여러 개의 위치영역(Location Area : LA)으로 구성된다. 하나의 위치영역은 여러 개의 셀(cell)로 구성되며, 셀은 모바일 단말기에 대한 접근점(access point) 단위로써 여러 개의 모바일 단말기를 관리한다. 모바일 단말기는 휴대폰과 같이 통신이나 통화를 위해 사용자에 직접 연결되는 수단으로 이동통신의 실질적인 주체이다[1].

위치등록 단계에서는 시간, 거리 같은 기준에 따라 주기적인 사용자 인증과 위치정보 데이터베이스 갱신을 통해 이동 사용자의 위치정보를 등록하며, 다음과 같은 방법이 있다[1].

- 위치영역간의 이동이 발생할 때 등록하는 위치영역 등록.
- 일정 시간 경과시 주기적으로 등록.
- 특정 수 이상의 셀 거리를 벗어났을 때 등록.
- 일정한 수 이상의 셀 간 이동이 있을 때 등록.
- 위치, 현재시간, 위치 분산 확률, 페이징 비용 등의 상태에 따라 등록.
- 모바일 단말기 전원의 on/off시 등록.

각 방식은 일정한 주기에 따라 위치등록을 수행한다. 이 주기를 결정하는 단위의 크기를 등록범위라고 한다. 예를 들어, 경과 시간에 따라 등록을 하는 경우의 등록범위는 지정된 시간 간격이 되고, 셀 간 이동을 기준으로 하는 경우에는 이동된 셀의 일정한 수가 등록범위가 된다.

단말기 페이징은 위치갱신 단계에서 등록된 사용자의 예상위치물 바탕으로 실제 네트워크에서 특정 모바일 단말기의 정확한 위치를 결정하는 단계로서 다음과 같은 방법들이 있다.

- Blanket 폴링[1]: 현재 검색할 LA안의 모든 셀들을 동시에 호출하여 검색.
- 위치확률(Location Probability)[3][4]: 위치확률 분포를 바탕으로 단말기의 위치를 예상하여 확률이 높은 그룹부터 낮은 그룹으로 순차적으로 검색.
- 속도(Velocity) 페이징[5]: 사용자 호출(call)이 오면, 사용자의 마지막 등록시간과 속도 정보 등을 바탕으로 페이징 할 범위를 특정 지역으로 줄여 페이징 비용을 감소시키는 방식.
- Shortest-Distance-First(SDF)[1]: 단말기에 대한 마지막 갱신 위치를 기초로 하여 가장 근접한 셀들부터 탐색한다. 거리(distance)는 시작위치로부터의 셀 수를 말하며, 같은 거리는 하나의 셀 그룹으로 지정되어 동일한 폴링 사이클로 페이징을 수행한다. 따라서 셀 그룹의 수가 많아질수록 폴링 사이클이 증가하여 보다 많은 전송 대역폭이 요구된다. 그림 1은 셀의 형태에 따른 거리 분포 형태를 보이고 있다. 각 셀들은 거리에 따라 {0, 1, 2, ..., n}의 그룹으로 나뉘며, 0번 그룹부터 페이징을 수행한다.

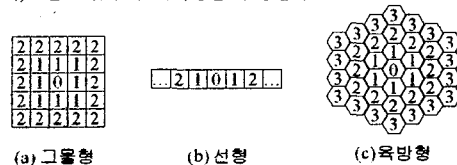


그림 1. 셀 유형에 따른 거리 분포 형태

특정 단말기의 정확한 위치를 결정하기 위해 폴링 시그널(polling signal)을 보내고 해당 단말기로부터 응답을 받는 폴링 사이클(polling cycle)은 단말기 페이징 기법의 성능을 평가하는 주요 척도이다[1]. 폴링 시그널은 단말기 검색을 위해 단말기가 있을 것으로 예상되는 셀로 전달하는 신호로서 셀 내의 모든 단말기는 페이징 메시지를 확인하며 해당되는, 즉 찾는 단말기만이 응답을 보낸다. 검색할 셀의 수가 많을수록 전달하는 폴링 시그널의 수가 많아져 페이징 비용을 증가시키게 된다. 폴링 사이클은 단말기를 찾기 위해 일정 수의 셀 그룹으로 폴링 시그널을 보낸 후 응답 메시지를 받을 때까지의 단계로서, 일정 시간동안 응답이 없으면 해당 셀 그룹에는 찾는 단말기가 없는 것으로 간주하고 다음 그룹으로 페이징을 다시 수행한다. 따라서 폴링 사이클이 증가하면 해당 단말기를 찾는 데 걸리는 시간이 증가하여, 페이징 방식에 따라 다르지만 대역폭에 영향을 주어 탐색 시간과 페이징 비용을 증가시키게 된다.

3. 이동경로기반의 페이징

일상 생활에서 대다수의 사람들은 숙소와 근무처를 오가면서 즉, 특별히 장거리 출장 등을 제외하고는, 출발지와 목적지 사이의 일정하게 정해진 경로를 중심으로 활동하면서 휴대폰을 사용한다. 그러므로 사용자가 최근에 이동한 경로를 형성하는 셀들에 대한 정보를 기록하였다가 이 정보를 중심으로 사용자 단말기를 페이징하면 해당 단말기를 보다 빨리 찾을 수 있을 것이다. 즉, 모바일 단말기 사용자가 대체로 특정한 경로를 유지하며 이동하는 사용자 특성을 바탕으로, SDF 알고리즘에 이동경로 이력을 첨부시킨 이동경로기반의 페이징 기법을 제안한다.

이동경로 기반의 페이징은 크게, 그림 2와 같이, 위치등록 단계에서 갱신되어 가장 최근의 이동 경로를 형성하는 일정 수의 셀 ID들을 저장하는 이동경로 이력 리스트와 이들 셀 ID들에서 출발하여 가장 가까운 거리에 있는 그룹부터 차례대로 폴링 사이클을 수행하는 부분으로 구성된다.

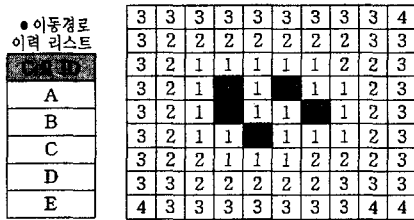


그림 2. 이동경로 이력 리스트와 이동경로기반의 거리 분포 예

그림 2의 이동경로 이력 리스트에 셀 ID {A, B, C, D, E}가 기억되어 있다. 이 셀 ID가 그룹형태의 셀 구성에서 검게 표시한 셀들에 해당될 때, 일단 0의 거리를 갖는 이력 리스트에 저장된 해당 셀 ID 그룹과, 그와 인접하여 서로 다른 거리를 갖는 {1, 2, ..., n}의 그룹으로 나눌 수 있으며, 가장 작은 거리를 갖는 그룹부터 폴링 사이클을 수행하여 페이징을 시작한다. 최종 등록 위치를 중심으로 검색을 시작하는 SDF는 이력 리스트의 크기가 1인 이동경로 기반의 페이징 알고리즘과 동일하다고 할 수 있다.

이동경로 기반의 페이징에서 거리 분포를 구하는 알고리즘과 적용 예는 각각 그림 3, 4와 같다. 그림 4 (a)는 셀의 초기 거리 분포로서, 모든 셀의 거리 값은 최대 거리 값인 6으로 초기화되어 있으며, 이력 리스트에는 검은색으로 표시된 셀 ID {A, B, C}가 있다. 그림 4 (b)는 이력 리스트의 셀 ID A에 대한 알고리즘 수행 결과를 나타내는 것으로 SDF 방식과 같이 셀 ID A로부터 상대적 거리에 따라 거리 값이 정해진다. 그림 4 (c), (d)는 각각 셀 ID B와 C에 대한 수행 결과로서, 자신의 셀 ID에서부터 상대적 거리와 기존 거리 값 중 작은 값을 거리 값으로 정하는 것을 볼 수 있다.

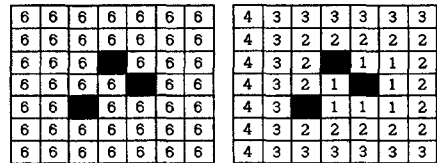
이동경로 기반의 페이징 알고리즘은 기존에 이동했던 셀 ID를 기반으로 하여 근접한 셀들부터 탐색해 나가는 방식이다. 그러므로 찾고자 하는 단말기의 이동이 이동경로 이력 리스트에 입력되어 있는 셀들과 근접하면 근접할 수록 페이징에 소요되는 시간과 비용을 줄일 수 있다. 즉 실제 이동경로와 이력 리스트에 저장된 셀과의 근접율이 높을수록 좋은 성능을 보일 수 있다.

이동경로 기반의 페이징과 SDF 방식과의 차이점은 다음과 같다. SDF에서는 마지막에 등록된 위치만을 페이징의 초기 시작점으로 잡고 거리에 따라 폴링을 수행하는데 비해 이동경로 기반 페이징에서는

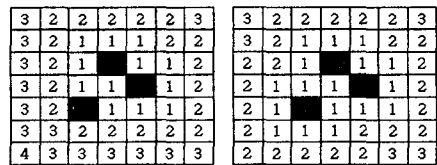
Notations:

C : 현재 LA안의 모든 셀 ID 리스트  
 H : 이력 리스트의 셀 ID 리스트  
 head : 셀 ID 리스트 중 첫 번째 셀 ID  
 tail : 셀 ID 리스트 중 마지막 셀 ID  
 D<sub>i</sub> : C<sub>i</sub> 의 distance\_value  
 d<sub>i,j</sub> : C<sub>i</sub> 에서 C<sub>j</sub> 까지의 상대적 거리  
 begin  
 /\* Initialized : 모든 셀의 distance\_value를 현 LA내에서 최대 크기의 distance\_value로 초기화 \*/  
 for i = Hhead to Htail do {  
 /\* History\_list의 셀의 distance\_value를 0으로 지정 \*/  
 D<sub>i</sub> = 0;  
 for j = Chead to Ctail do  
 /\* 현재 셀의 distance\_value와 H<sub>i</sub>와의 상대적 거리 중 작은 값으로 distance\_value를 지정. \*/  
 if ( D<sub>i</sub> > d<sub>i,j</sub> )  
 then D<sub>i</sub> = d<sub>i,j</sub>;  
 }  
 end

그림 3. 이동경로기반의 거리 분포 알고리즘



(a) 최초 거리분포 (max\_distance\_value = 6) (b) H<sub>A</sub>에 대한 알고리즘 실행결과



(c) H<sub>B</sub>에 대한 알고리즘 실행결과 (d) H<sub>C</sub>에 대한 알고리즘 실행결과  
 그림 4. 이동경로기반의 거리 분포 알고리즘 적용 예

기준에 위치했던 일정 수의 셀을 시작점으로 하여 폴링을 수행하므로 SDF 방식보다 폴링 사이클이 줄어들고, 위치등록 주기가 길더라도 찾고자하는 단말기가 기존의 이동경로에 근접해 있으면 페이징 비용은 줄어든다. 그러나 위치등록 주기가 짧아지면 이동경로 기반의 페이징의 평균 폴링 그룹의 수가 SDF 방식보다 크기 때문에 대역폭 요구는 늘어날 수 있다. 한편 이동경로 이력리스트를 저장할 공간이 필요하고 계산과정이 복잡해질 수는 있으나 오늘날 시스템에 장착되는 메모리 크기가 매우 크고 처리 능력 또한 매우 우수함으로 크게 문제되지 않을 것이다.

4. 시뮬레이션 및 결과

각 단말기 페이징 기법들은 하나의 위치영역 내에서 동작된다. 하나의 위치영역은 총 100개의 셀들을 10 x 10의 배열형태(그물형 구조)로 구성한다. 단말기의 이동 형태는 일정한 이동경로를 임의로 구성한 다음 지정된 이동경로로의 단말기 이동 확률을 줄 수 있게 하여 랜덤한 이동과 지정된 이동경로의 이동을 모두 지원한다.

시뮬레이션을 위한 위치등록 기법으로는 다른 셀로의 움직임이 일정 횟수(등록범위) 이상 발생하였을 때 등록하는 움직임 기반 위치등록 기법을 사용하며, 동일한 시뮬레이션 환경에서 SDF 방식과 이동경로 기반의 페이징 기법의 성능을 비교해 본다.

C언어로 시뮬레이션 프로그램을 작성하여, 위치영역 내에서 이동하는 단말기를 대상으로 2,000회의 단말기 탐색을 요청하는 호 신호를 설정하여 단말기의 1회 움직임 기회를 1시간으로 하여, 총 10,000시간 단위 동안 실행하면서 평균 폴링 시그널과 폴링 사이클의 수를 측정하였다. 이때 호 신호는 1에서 9 사이의 랜덤한 시간에 도착하며 평균 도착 시간은 5로 한다.

위치등록의 시점을 결정하는 등록범위의 크기를 달리하였을 때, 각 페이지 알고리즘에서 평균적으로 발생하는 폴링 시그널의 수와 폴링 사이클의 수는 각각 그림 5, 6과 같다.

SDF에서는 등록범위가 증가함에 따라 폴링 사이클이 늘어나는데, 이것은 거리를 기반으로 하는 방식이기 때문에 등록범위가 크면 클수록 단말기의 실제 위치와 등록된 최종 위치와의 차이가 커지므로 거리 차이만큼의 폴링 사이클이 발생하기 때문이다. 따라서 폴링 사이클이 크면 클수록 해당 단말기를 찾는 데 시간이 많이 걸리고 대역폭 또한 증가된다. 이동경로 기반 페이지에서는 이동확률이 90%일 때 2회 이내의 폴링 사이클로 단말기 검색이 이루어지며 폴링 시그널 수 역시 상대적으로 적다. 이동확률이 적으면 단말기가 지정된 경로를 벗어나 이동할 가능성이 높으므로 이동경로 기반이 아닌 거리기반으로 탐색하게 되어 성능이 나빠지게 된다.

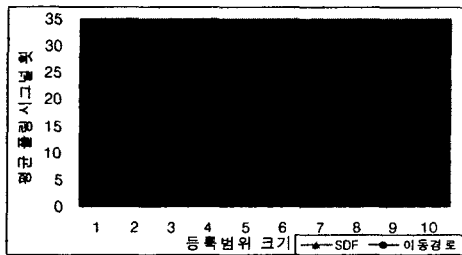


그림 5. 페이지 기법의 평균 폴링 시그널 수 (움직임 기반, 이동확률: 90%, 이력리스트 크기: 5)

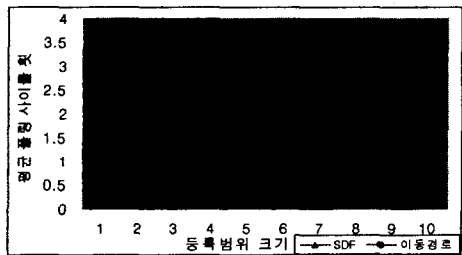


그림 6. 페이지 기법의 평균 폴링 사이클 수 (움직임 기반, 이동확률: 90%, 이력리스트 크기: 5)

단말기가 지정된 이동 경로를 따라 움직일 가능성의 정도를 나타내는 이동확률 변수 값에 따른 페이지 알고리즘의 폴링 시그널과 폴링 사이클은 각각 그림 7, 8과 같다.

SDF 방식은 이동확률의 영향을 받지 않는다. 이것은 단말기의 이동성향에 상관없이 최종 위치등록 지점과 실제 단말기 위치의 차이에 따라 폴링 시그널과 폴링 사이클의 수가 정해지기 때문이다. 하지만 이동경로 기반의 페이지에서는 이동확률이 낮은 경우에는 평균 폴링 그룹의 수가 SDF 방식 보다 크기 때문에 많은 수의 폴링 시그널이 발생하지만, 이동확률이 높아질수록 이동경로 이력 리스트 근처에 단말기가 위치할 가능성이 높아져 SDF방식에 비해 훨씬 적은 폴링 시그널과 폴링 사이클 수를 보인다.

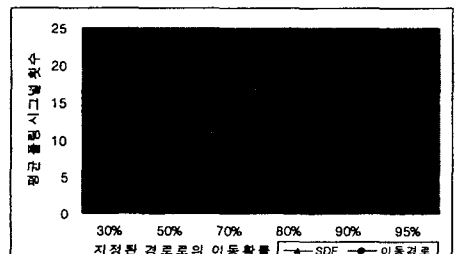


그림 7. 이동확률에 따른 평균 폴링 시그널 수 (움직임 기반, 등록범위: 3, 이력리스트 크기: 5)

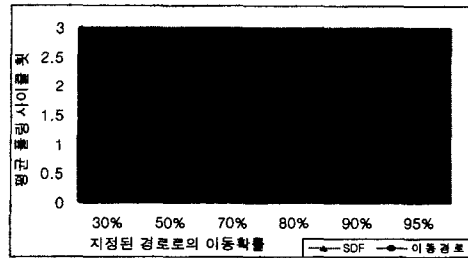


그림 8. 이동확률에 따른 평균 폴링 사이클 수 (움직임 기반, 등록범위: 3, 이력리스트 크기: 5)

그림 9는 이동경로 이력리스트 크기에 따른 이동경로 기반 페이지의 성능을 보여준다.

이동경로 기반의 페이지에서 이력 리스트의 크기가 작으면 적은 수의 페이지 그룹을 대상으로 페이지를 수행하게 됨으로 평균 폴링 시그널의 수는 줄지만 하나의 폴링 사이클로 검색되는 셀의 수가 줄어들어 평균 폴링 사이클의 수는 증가된다. 반대로 이력 리스트의 크기가 커질수록 평균 폴링 시그널은 늘어나고 폴링 사이클의 수는 감소된다.

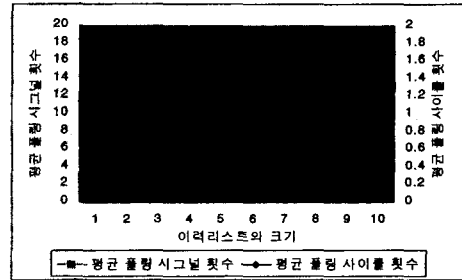


그림 9. 이동경로 이력리스트 크기에 따른 이동경로 기반 페이지의 성능 (움직임 기반, 등록범위: 3, 이동확률: 90%)

5. 결론

본 논문에서는 단말기 사용자의 이동 패턴이 대체로 일정하다는 가정 하에 SDF에 사용자 이동경로 이력 리스트를 부가한 이동경로 기반의 페이지 기법을 제안하고, 성능을 SDF 방식과 함께 폴링 사이클의 수와 폴링 시그널의 수 관점에서 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다. 제안된 기법은 지정된 경로로의 이동확률이 높아질수록 페이지 비용을 결정하는 폴링 시그널의 수와 폴링 사이클의 수를 감소시키는 것을 보였다.

이동경로 기반의 페이지 방식은 단말기 사용자가 대체로 특정한 경로를 유지하며 이동하는 특성을 갖는다는 가정을 바탕으로 하고 있으므로 이에 대한 실증이 필요하다. 그리고 위치등록과 단말기 페이지를 함께 고려하는 비용 함수의 체계적인 연구는 향후 과제로 남긴다.

참고 문헌

- [1] Vincent W. -S. Wong and Victor C. M. Leung, "Location Management for Next- Generation Personal Communications Networks," pp. 18-24, *IEEE Network*, Sep./Oct. 2000.
- [2] I. F. Akyildiz, J. McNair, J. Ho, H. Uzunalioglu, and W. Wang, "Mobility management in next generation wireless systems," *Proceedings of the IEEE*, vol. 87, no. 8, August 1999.
- [3] C. Rose and R. Yates, "Minimizing the Average Cost of Paging under Delay Constraints," *ACM/Baltzer J. Wireless Networks*, vol. 1, no. 2, pp. 211-219, July 1995.
- [4] Martin L. Puterman. "Markov Decision Processes Discrete Stochastic Dynamic Programming." *John Wiley & Sons, Inc.*, New York, NY, 1994.
- [5] G. Wan and E. Lin, "A Dynamic Paging Scheme for Wireless Communication Systems," *Proc. ACM/IEEE MobiCom 97*, pp. 195-203, Budapest, Hungary, 1997.