

모바일 셀룰러 네트워크에서 차별화 된 사용자 이동 패턴을 이용한 동적인 Location Update 기법

박송화^o 임성렬^{**} 정기동^{*}

부산대학교 컴퓨터공학과^{*}, 부산대학교 멀티미디어 협동과정^{**}
 {downy25^o, kdchung^{*}}@melon.cs.pusan.ac.kr syim^{**}@wsu.ac.kr

Dynamic Location Update Scheme using Differentiated Moving Pattern in Mobile Cellular Networks

Songhwa Park^o, Sungyeal Im^{**}, Kidong Chung^{*}

Dept. of Computer Engineering, Pusan National University^{*}

Dept. of Multimedia, Pusan National University^{**}

요 약

본 논문에서는 모바일 셀룰러 네트워크상에서 다양한 이동 단말 이동성을 이용한 동적인 Location Update 기법을 제안한다. 동적인 Location Update 기법에서는 다양한 이동 단말들의 이동 패턴을 고려하기 위해서 Differentiated-Walk Model을 이용하고 그 모델에서 제공하는 핸드오프 확률과 이동성 등급을 이용하여 LA(Location Area)를 형성한다. LA는 사용자의 이동 패턴을 고려하여 동적으로 형성되며 본 논문에서는 이러한 LA를 기반으로 제공되는 페이징 기법을 제안한다.

1. 서 론

이동 네트워크의 발전으로 인한 이동 단말 사용자 증가에 따라 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위해서 셀의 크기는 작아지고 있다. 이에 따라 셀들 간의 이동으로 인한 핸드오프는 더욱 더 빈번해지고, 이동 단말에 대한 위치 관리는 어려워진다. 이동 단말에 대한 위치 관리는 이동 단말이 자신의 위치 변경 시 자신의 위치를 시스템에게 알려주는 위치 갱신(Location Updating)과 도착 호가 발생 시 시스템이 이동 단말의 위치를 찾아서 이동 단말에게 알려주는 페이징(Paging)으로 분류된다. 만약 이동 단말이 정확한 위치 갱신을 위해서 빈번한 위치 갱신 요구를 한다면 페이징을 위한 네트워크 트래픽은 줄어들겠지만 시스템의 성능 하락은 막을 수 없고, 이와 반대로 위치 갱신 요구를 줄이면 페이징을 위한 네트워크 트래픽이 늘어나게 된다. 이처럼 위치 갱신과 페이징 사이에는 Trade-Off관계가 성립하기 때문에 적절한 위치 관리 기법이 필요하다. 대부분의 기존 연구들은 이동 단말이 한 셀에서 다른 이웃 셀로 이동할 때 이동할 확률이 동일한 Random-Work Model에 기반 한다. 그러나 이동 단말의 이웃 셀들에 대한 이동 확률은 차별화 되어야 하고 단말들이 동일한 셀에 머물러 있을지라도 그들의 이동 패턴이 다르다면 동일한 목표 이웃 셀에 대한 이동 확률도 달라져야 한다.

본 논문에서는 이웃 셀들에게 서로 다른 차별화 된 확률값을 제공하기 위하여 Differentiated-Work Model을 이용한다[1]. Differentiated-Work Model은 이웃 셀들에 대한 핸드오프 확률에 대한 예상 추정치와 셀 내부에서 머물 수 있는 예상 추정치를 제공한다. 본 논문에서 제안하는 페이징 기법은 이 두개의 인자를 이용하여 차별화된 LA(Location Area)를 제공한다. 페이징 기법들을 위해서 페이징 호출의 수를 줄이려는 이동 단말에 대한 동적 위치 추적 기법이 연구되어 왔다. 이동 단말에 대한 위치 추적은 거리 기반 기법, 이동 기반 기법, 그리고 시간 기반 기법으로 구분 할 수 있다.

먼저, 거리 기반 기법은 이동 단말이 위치 등록을 수행한 셀에서 일정 거리를 이동하면 다시 위치 등록을 수행한다[2]. 이동 기반 기법은 이동 단말이 위치 등록을 수행한 후에 일정한 수의 셀을 통과하게 되면 다시 위치 등록을 수행한다[2]. 그리고 시간 기반 기법은 이동 단말이 위치 등록을 수행한 후에 일정한 시간이 경과하면 현재 이동 단말이 위치한 셀에서 위치 등록을 수행한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 Differentiated-Work Model을 소개하고, 3장에서는 Differentiated-Work Model 기반의 동적 페이징 기법을 소개하고, 4장에서는 실험 및 성능 평가를 보여준 후, 5장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대해 기술하였다.

2. Differentiated-Work Model

[1]에서는 3개의 내부 영역을 포함하는 구조를 기반으로 가역 마코프 체인으로 구성되어 사용자의 이동 패턴을 고려한 차별화 된 핸드오프 추정 모델을 제시하였다.

[1]에서는 각각의 내부영역으로 진입한 단말 노드들이 핸드오프 이전까지 평균적으로 내부 영역들을 이동할 횟수를 (식 1)과 같이 정의 하였다.

$$\begin{cases} \frac{1 - P_{23}P_{32} + P_{13}P_{32} + P_{12}P_{23} + P_{21} + P_{13}}{1 - P_{23}P_{32} - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})} (j=1) \\ \frac{1 - P_{13}P_{12} + P_{23}P_{31} + P_{13}P_{21} + P_{21} + P_{23}}{1 - P_{23}P_{32} - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})} (j=2) \\ \frac{1 - P_{12}P_{21} + P_{21}P_{32} + P_{12}P_{31} + P_{21} + P_{32}}{1 - P_{23}P_{32} - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})} (j=3) \end{cases} \quad (식 1)$$

그리고 각각의 내부 영역으로 진입한 이동 단말들이 이웃 셀들로 이동할 확률은 (식 2)와 같이 [1]에서 정의하였다.

$$\begin{pmatrix} \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} \\ \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} \\ \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} \\ \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} \\ \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(P_{23}P_{31} - P_{23}P_{32})}{\Delta P} \end{pmatrix} \quad (식 2)$$

(식 2)에서 i 행 j 열의 원소는 내부 영역 $i(i=1,2,3)$ 로 진입한 이동 단말이 이웃 셀 $j(j=4,5,6,7,8,9)$ 로 이동할 확률이다. 그리고 [1]에서는 이동 단말이 셀 내부의 내부 영역을 이동하는 정도를 이동성 등급을 이용하여 표현하였다. 이동성 등급은 셀에 진입한 이동 단말의 실제 내부 영역을 이동한 횟수가 추정된 내부 영역 이동 횟수보다 커지면 1씩 증가한다.

3. 동적 Location Update 및 동적 paging

동적 Location Update 기법은 이동 단말이 위치 등록을 수행했을 때 Differentiated-Work Model을 통해서 구해지는 핸드오프 확률과 셀 내부 이동 횟수를 통해서 이동 단말의 이동 패턴에 따라 차별화 된 LA(Location Area)를 설정하고 그 LA를 벗어나면 다시 위치 등록을 수행한다. 이동 단말이 LA에 머물러 있는 동안 호 요청이 들어오면 핸드오프 확률이 높은 순서에 따라서 셀들을 탐색한다. 그리고 이동성 등급이 증가하면, 증가된 이동성 등급에 따라 새롭게 제공되는 핸드오프확률에 의해서 LA를 변경한다.

3.1 동적인 LA(Location Area) 설정

이동 단말이 위치 등록을 수행할 때 LA를 설정한다.

$$LA_1 = \{ \forall k | P(n_i \rightarrow k) > \alpha \} \quad (\text{식 3})$$

(식 3)에서 n 은 현재 위치 등록을 수행하는 셀이고, i 는 이동 단말이 진입한 n 셀의 내부 영역이다. $K = \{1, \dots, k\}$ 는 depth1의 셀들의 집합이다. LA_1 은 n 의 i 영역으로 진입한 이동 단말이 위치 등록을 수행할 때 LA영역에 이웃 셀들을 포함한 이웃 셀들의 집합이다. 그리고 LA_1 은 depth 1에서의 LA에 포함된 이웃 셀이다. 여기서 depth는 현재 위치 등록을 수행하는 셀에서 떨어진 정도를 나타낸다.

두 번째 Depth 2에서 LA에 포함될 이웃 셀들을 구하기 위해서 LA_1 에 포함된 이웃 셀들을 이용한다.

$$LA_2 = \{ \forall m | P(n_i \rightarrow m) > \alpha, k \in LA_1 \} \quad (\text{식 4})$$

$$= \{ \forall m | P(n_i \rightarrow k) \cap P(k \rightarrow m) > \alpha \}$$

(식 4)에서 $P(n_i \rightarrow k) \cdot P(k \rightarrow m)$ 은 이동 단말이 n 셀의 i 내부 영역에서 Depth 1인 이웃 셀 k 로 이동한 후 Depth 2인 이웃 셀 m 으로 이동할 확률인 $P(n_i \rightarrow m)$ 이다.

$M = \{1, \dots, m\}$ 은 Depth 2의 셀들의 집합으로, Depth 2 셀들이 LA_2 에 포함되기 위해서는 $P(n_i \rightarrow m)$ 이 α 보다 커야 한다. 마지막으로 LA는 (식 5)에서 구할 수 있다.

$$LA = LA_1 + LA_2 + \dots + LA_d \quad (\text{식 5})$$

3.2 셀 내부 존재 시간을 이용한 동적 LA

이동 단말이 실제 이동한 횟수가 추정되어진 셀 내부 존재 시간을 초과하게 되면 이동성 등급은 증가하고 이웃 셀로의 핸드오프 확률도 달라지며 이에 따른 LA도 달라진다. 그러나 이동성 등급의 증가에 따른 동적 LA의 설정은 처음 Location Update가 발생한 셀에서만 이루어진다.

3.3 동적 Paging

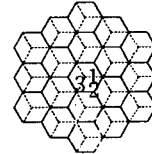
모바일호스트에게 연결 요청이 들어왔을 때 LA내에서 모바일호스트를 최대한 빨리 탐색하기 위해서 LA지역을 구성하는 셀

들을 지역과 핸드오프 확률을 기반으로 트리를 구성한다. 그리고 트리를 구성하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) 루트 노드를 기준으로 임계치보다 큰 핸드오프 확률을 가지는 Depth1 노드들을 핸드오프 확률에 따라 왼쪽부터 정렬한다.
- 2) Depth1의 노드들을 기준으로 각 노드로부터 이동할 수 있는 Depth2의 노드들을 핸드오프 확률에 따라 왼쪽부터 정렬한다.(Depth2의 노드들은 Depth1 노드로부터의 종속 확률이 임계치보다 높아야 한다.)
- 3) Depth2 노드와 Depth1노드 중 중복되는 노드는 핸드오프 확률이 낮은 노드를 제거한다.
- 4) 위의 과정을 최고 깊은 Depth까지 반복한다.

4. 실험 및 결과 분석

본 논문의 실험을 위해서 19개의 각 셀들이 섹터 안테나만을 이용하여 3개의 내부 영역을 가지게 구성하였다. [그림 1]에서는 실험에 사용된 환경을 설명한다.

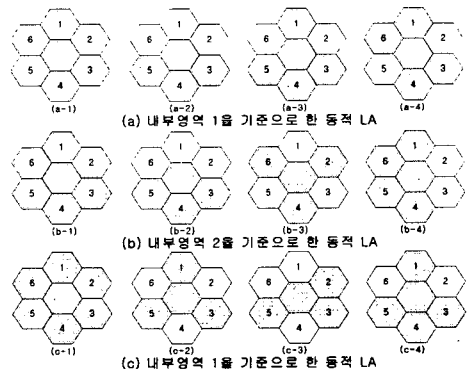


[그림 1] 가상 실험 환경

모바일 호스트는 포아송 분포의 입력률에 따라서 생성하였으며, 3개 등급의 속도 중 하나의 속도를 가진다. 모바일 호스트들의 생존 시간은 10초와 600초 사이의 값을 가진다.

생성된 모바일 호스트들은 생존 시간동안 [그림 1]에의 실험 환경을 자유롭게 이동한다. 모바일 호스트의 이동성 등급은 모바일 호스트가 생성되거나 다른 셀로 핸드오프가 발생할 때 1로 설정된다. 그리고 모바일 호스트의 실제 이동 시간이 셀 내부 존재 시간을 초과하면 이동성 등급은 증가한다. 이동성 등급은 최대 3으로 설정하였다. 실험을 위한 비교 모델은 Random-Walk Model을 이용하였으며, 본 실험에서는 이동 단말들이 약 3,500회의 핸드오프를 발생시켰다.

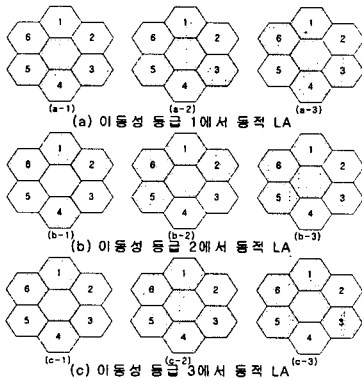
본 실험에서는 [그림 1]의 중앙 셀을 기준으로 각각의 내부 영역 1, 2, 3에서의 동적 LA 구성을 살펴본다. 그리고 동적 LA 구성은 Depth1까지 설정하였다. 임계치는 1.5로 설정하였다.



[그림 2] 핸드오프 횟수 변화에 따른 동적 LA

[그림 2]는 핸드오프 횟수 변화에 따른 동적 LA의 모습이다.

(a-1), (b-1), (c-1)은 Random-Walk Model의 Depth1일 때의 LA의 모습이다. (a-2), (b-2), (c-2)는 핸드오프 횟수가 1000회, (a-3), (b-3), (c-3)은 핸드오프 횟수가 2000회, (a-4), (b-4), (c-4)는 핸드오프 횟수가 3000회일 때의 LA이다. 시간이 경과함에 따라서 LA가 그들의 핸드오프 확률 변화에 따라서 동적으로 최적화되고 있다.



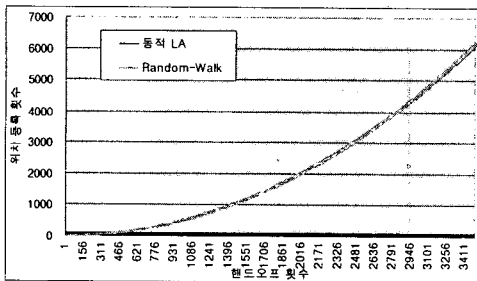
[그림 3] 이동성 등급의 변화에 따른 LA의 변화

[그림 3]은 이동성 등급에 따른 LA의 변화로 (a), (b), (c)는 각각 이동성 등급 1, 2, 3의 LA의 변화이다. 그리고 (a-1), (b-1), (c-1)은 핸드오프 횟수가 1000회, (a-2), (b-2), (c-2)는 핸드오프 횟수가 2000회, (a-3), (b-3), (c-3)은 핸드오프 횟수가 3000회일 때의 이동성 등급에서의 LA이다.

[그림 2]와 [그림 3]에서는 다양한 이동 패턴을 가지는 이동 단말의 상황 변화에 따라서 적절한 LA영역을 동적으로 구성할 수 있음을 보이고 있다.

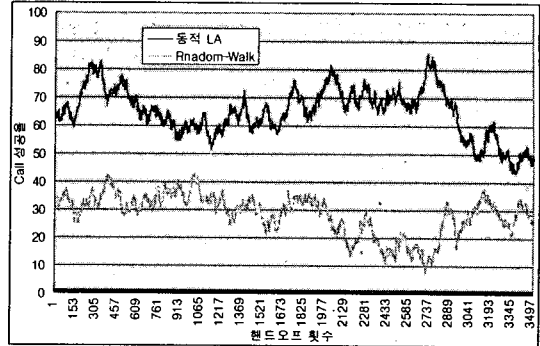
[그림 4]에서는 3500회의 핸드오프 동안 Location Update가 발생한 횟수를 Random-Walk 모델과 비교하였다. 이동 단말은 포아송 분포의 평균 발생을 0.2에 따라 발생시켰으며 LA 설정을 위한 Depth는 2로 설정하였다.

[그림 4]의 x축은 1에서 3500회동안의 핸드오프 발생횟수를 나타내며, y축은 Location Update횟수를 나타낸다.



[그림 4] Location Update 발생 횟수

Random-Walk Model에서 LA에 포함되는 셀의 개수는 항상 19개이지만, Differentiated-Walk Model에서 동적 LA에 포함되는 셀의 개수는 평균적으로 Random-Walk 모델의 60%정도이다. [그림 4]에서는 동적 LA와 Random-Walk Model간의 차이가 거의 나지 않는데, 이동 단말이 이동할 가능성이 높은 셀들만 동적으로 LA에 포함시키며 이동 패턴이 정형화되면 필수 동적 LA에 속하는 셀의 개수는 줄어들기 때문이다.



[그림 5] 콜 성공률

[그림 5]는 콜요청이 왔을 때 페이지징을 성공한 비율로, x축은 핸드오프 횟수이며 y축은 콜 성공률(%)이다. Random-Walk Model에서는 중앙 셀부터 Depth1의 셀들 그리고 Depth2의 셀 순서로 이동 단말을 탐색한다. 그리고 동적 LA에서는 5장의 동적 페이지징 트리를 기반으로 핸드오프 확률의 값의 순서로 탐색한다. 콜 성공률은 (식 6)로 계산한다.

$$\text{콜 성공률}(\%) = \frac{\text{콜 성공 횟수}}{\text{콜 시도 횟수}} \quad (\text{식 6})$$

[그림 5]에서 동적 LA의 콜 성공률은 Random-Walk Model에 비하여 약 2배 정도 높게 나타난다. 그 이유는 LA지역 내의 셀들에서 이동 단말을 탐색하는 경우 동적 페이지징 방법은 이동 단말 이동 패턴을 고려하기 때문이다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 이동 단말의 이동 패턴을 고려한 동적 Location Update 기법과 동적 페이지징 기법을 제안하였다. 동적 Location Update기법은 [1]에서 제안한 Differentiated-Walk Model을 기반으로 이동 단말의 추정된 이동 패턴에 따라 동적인 LA 구성이 가능하고 이동성 등급의 변화에서도 동적 LA 구성이 가능하다. 그리고 동적 페이지징 기법은 핸드오프 확률에 따른 탐색 순서를 제공한다.

실험 결과 본 논문에서 제안한 기법들이 Random-Walk Model에 비하여 우수한 성능을 보였다.

향후에는 이동 단말의 정확한 LA내부의 위치 파악을 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Si-Yong Park, Ki-Dong Chung, "Dynamic Resource Reservation using Differentiated Handoff Model in Mobile Networks", Lecture Notes in Computer Science, vol. 3239, 2004.
- [2] D.Plassmann, "Location Management Strategies for Mobile Cellular Networks of 3rd Generation," IEEE VTC'94, vol. 1, no. 2, pp. 649-653, 1994.
- [3] C.Rose, "A Greedy Method of state-based Registration," Proc.IEEE ICC'96, vol. 2, pp. 1158-1162, 1996.