

이동 망에서 규칙성을 갖는 단말기의 이동성을 위한 모의실험 방안

조 현준*

A Simulation Method for Terminal Mobilities with Regularity in Mobile Networks

Hyun-joon Cho *

요 약

무선 이동 통신망에서 위치관리에 대한 성능분석을 위해서 사용자의 이동 패턴의 모의실험 방안에 대한 연구가 요구되고 있다. 이러한 목적에 따라 본 논문은 무선 이동 망에서의 이동패턴을 갖는 사용자의 이동성 모델을 제안한다. 이동 사용자들은 임의적으로 움직이기도 하지만 특정 시간대에 규칙적인 이동을 반복하는 특성도 함께 가지고 있다. 따라서 제안된 모델은 사용자의 시간에 연관된 이동을 묘사하도록 구성하였다. 이 모델은 지점, 이동, 타임 슬롯에 대한 이동확률, 이동에 대한 지형적 경로 등으로 구성된다. 또한 임의적인 이동과 규칙적인 이동 특성이 혼합된 경우에 대한 모의실험 방안도 함께 제안된다. 모의실험 결과는 의도했던 이동패턴을 갖는 이동 시나리오를 생성할 수 있음을 보여준다.

Abstract

We need to study on simulation method of user's mobility patterns for the performance analysis of the location management in wireless mobile networks. For this purpose, this paper presents a user mobility model of wireless mobile networks with regular patterns. Sometimes mobile users randomly move, but they show the movement characteristics that regularly change their locations in some patterns in given time slots. So, we suggest the mobility model that can describe user's time related movement patterns. This model consists of some elements-positions, transitions, transition probabilities which are variable, and some geographical paths for each transitions. We describe the simulation method for users' mobilities with random movements and regular movements, too. The simulation results by the model show that the suggested model can generate movement scenarios having regular patterns related with location and time.

▶ Keyword : Mobility Model, Movement Patterns, Mobile Network Simulation

• 제1저자 : 조현준
• 접수일 : 2005.03.28, 심사완료일 : 2005.05.20
* 전주대학교 컴퓨터공학과 부교수

I. 서론

통신시장에서 셀룰러 망에 관련된 서비스들이 사용자들에게 보편화 된 것도 이미 수년이 흘렀고, 이에 따라 많은 이동통신망 기술들이 나타나고 있다[1][2][3]. 위치관리도 이동망의 핵심기술 중 하나로 많은 연구들이 이루어지고 있는 분야이며, 이 연구를 위해서는 사용자의 이동성에 대하여 고찰할 필요가 있다[3]. 유선 통신망 연구에서와 마찬가지로 이동 통신망 연구에서도 수학적 분석에 의한 성능분석이 어려운 복잡한 환경에서의 연구를 위해서 모의실험이 많이 이용되고 있다. 기존에 널리 알려져 있는 망 시뮬레이터들은 일반적으로 이동 단말기의 이동성을 나타내기 위한 방법으로 외부로부터 이동 시나리오 정보를 입력으로 받아서 처리한다. 기존의 많은 성능분석 연구에서는 랜덤 웨이포인트 모델(Random Waypoint Model)과 같이 터미널이 임의적으로 움직인다는 가정 하에 연구가 수행된다[5][6]. 그런데 모의실험에 의한 연구결과 어떠한 이동성을 모델을 가정했는가에 따라서 모의실험 결과가 많은 차이를 갖는 것으로 알려져 있다[6].

사람들의 이동패턴을 고려해 보면 자주 방문하는 장소들이 존재하고 이 장소에 도달하기 위해 이용하는 경로들도 몇 가지로 정해지는 경우가 대부분이다. 또한 시간적으로도 각 장소에 대하여 자주 방문하는 시간대가 존재한다. 따라서 랜덤 웨이포인트 모델과 같이 임의적인 이동패턴만을 이용한 모의실험 결과는 실제 상황을 잘 반영한다고 볼 수 없다. 그리고 위치갱신 비용 최소화 연구와 같은 분야에서는 필수적으로 사용자의 이동패턴을 고려해야만 최적의 해법을 찾을 수 있다. 그러므로 규칙적인 패턴을 갖는 이동성 모델은 이동 망에서 성능분석을 수행함에 있어 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

본 논문은 이동성 패턴을 보다 현실에 가깝게 모사하기 위해서 자주 방문하는 장소와 이동경로 그리고 관련된 시간대를 모두 고려한 규칙성을 갖는 이동성모델을 제안한다. 이 이동성 모델은 각 사용자들이 빈번히 방문하는 장소들을 노드로 하고, 한 장소에서 다른 장소로의 이동을 링크로 하는 네트워크로 나타내고, 각 링크에는 확률 값에 의하여 이동 빈도를 나타내었다. 그리고 이동 확률 값은 시간에 따라

변화하도록 하여 각 시간대와 방문 장소 간의 대응관계를 나타내었다. 링크에 대응되는 이동경로는 지리정보를 고려하여 보다 상세한 그래프 형태로 대응시킬 수 있다. 또한 사용자의 움직임이 항상 규칙적이지만은 않기 때문에 경우에 따라서는 임의적인 목표 저점을 향한 이동을 고려해야 한다. 따라서 임의적인 이동과 규칙적인 이동 모두를 포함하는 모의실험 방안을 제안하였다. 이상에서 제안한 모의실험 방안을 이용하여 2차원 평면에서 실험을 수행한 결과 의도했던 시간대 별 이동경로의 발생 확률을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 지금까지 연구된 이동 망에서의 이동성 모델들에 대해서 살펴보고, 3장에서 본 논문에서 제안한 이동 모델에 대하여 기술한다. 4장에서 제안된 이동 모델을 이용한 모의실험 방안에 대하여 다루고 5장에서는 모의실험 결과와 검토에 대하여 기술한다. 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

무선 이동 망에서의 기존 성능분석들은 분석적인 방법을 사용할 경우 대부분 사용자의 이동이 주어진 지역 내에서 임의적인 움직임인 것으로 가정되었다. 이렇게 하는 것이 수학적 모델을 설정하기에 용이하기 때문이다. 기존 연구 중에서 브라운 워크 모델(Brownian Walk Model)[7]은 사용자의 움직임을 브라운 이동의 한 부분으로 고려하였다. 한 사람의 움직임은 이동 벡터 $\mathbf{V} = (v, \theta)$ 로 정의된다. 이때 v 는 이동 속도이고 θ 는 움직이는 방향이다. v 와 θ 의 값은 최소치와 최대치 사이를 계속적으로 변화시킴으로써 임의적인 이동을 만들어 낸다.

부드러운 이동성 모델(Smooth Mobility Model)[8]에서는 속도와 방향이 목표 값에 도달할 때까지 시간 간격을 두고 서서히 증가한다는 점에서 브라운워크모델과 다르다.

랜덤 웨이포인트 이동성 모델(Random Waypoint Mobility Model)[4][5]에서 이동 사용자는 모의실험 영역에서 임의적으로 선택된 두 지점 간을 일정한 속도로 움직인다. 목표 지점에서는 다시 새로운 지점을 임의로 선택하고 동일한 방법으로 새로 정한 속도로 움직인다. 이러한 과정의 반복으로 이동 사용자의 이동을 모사한다. 이 모델이 기존 연구에서 가장 흔히 사용된 것이나 이동패턴을 고려하지 않은 단점이 있다.

그래프 워크 모델(Graph Walk Model)[9]은 움직임을 주어진 그래프 상에서 일어나도록 모델링 하였다. 그래프의 정점은 사용자가 방문하는 지점이 되며, 선분은 두 지점을 연결하는 이동로의 역할을 한다. 사용자들은 그래프 상에서 임의로 선택된 두 지점 간을 선분을 통해서 움직이도록 모사된다. 이렇게 함으로써 모의실험 영역 내에서 제한된 공간상으로 움직임을 제한 할 수 있고, 결과적으로 사용자의 공간적인 이동 패턴을 모사할 수 있는 가능성을 제시한다.

이동 사용자들의 규칙적인 이동을 모사하기 위해서 글로벌 이동성 모델(Global Mobility Model : GMM)과 로컬 이동성 모델(Local Mobility Model : LMM) 등의 2 계층으로 구성되는 이동성 모델이 제안되었다[10]. 모의실험 영역은 셀들로 나뉘고 GMM은 셀들 간의 이동을 나타내기 위해서 사용자가 방문하게 되는 셀들의 리스트를 이용한다. LMM은 한 셀 내에서의 이동을 모사하며 현재의 위치, 속도, 방향 등 3개의 파라미터를 갖는다. 그러나 이 모델은 공간적인 패턴만을 고려하였으며, 결과적으로 시간측면에서의 이동 패턴 특성을 나타낼 수 없다.

III. 제안된 이동 모델

본 논문에서 제안하는 사용자에 대한 이동 모델은 임의적인 이동과 규칙적 이동 등의 2가지 이동모드에서 모드를 바꾸어가며 동작한다. 임의적인 이동은 규칙적인 이동패턴을 따르지 않는 이동을 의미하며, 규칙적인 이동은 반복적인 이동패턴에 따르는 이동을 의미한다. 각 모드에서 동작하는 정도는 사용자의 이동성 특성에 의하여 결정된다. 즉 이동이 규칙적일수록 규칙적인 이동 모드에서 동작하는 비율이 커진다.

본 논문에서는 한 이동에 대하여 목적 지점과 목적 지점까지 도달하기 위한 경로, 그리고 목적 지점에서 머무는 시간 등으로 모델링 한다. 이에 따라 한 이동에 소요되는 시간은 출발지점을 떠나 목적지점까지 이동하는데 걸리는 총 시간에 목적지점에서 머무는 시간의 합이 된다. 임의적인 이동 대 규칙적인 이동의 비율도 발생하는 이동에 소요되는 총 시간의 비율로 나타낸다. 이를 그림으로 나타내면 다음(그림 1)과 같다.

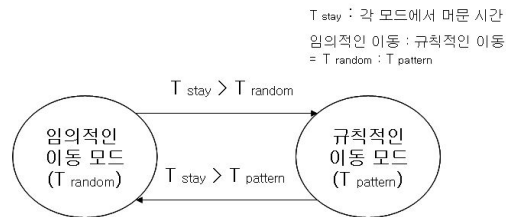


그림 1. 이동 모드 전환
Fig. 1 movement mode transfer

본 논문에서는 규칙적인 이동모드에서 사용자의 이동 패턴을 고려하고 이에 따른 한 이동에서의 소요시간에 대한 평균값을 모의실험의 초기단계에서 측정한다. 각 모드에서 한번 이상의 이동이 발생할 수 있으므로 이동소요시간의 정수배로 $T_{pattern}$ 과 T_{random} 값이 결정된다. 그리고 임의적인 이동모드에서의 이동시간의 평균값은 다음 식에 의하여 계산된다.

$$T_{random} = T_{pattern} \cdot (\text{임의적인 이동모드} / \text{규칙적인 이동})$$

이때 두 이동모드 간의 비율은 모의실험의 입력으로 파라미터 값이다.

3.1 임의적인 이동 모델

임의적인 이동은 그 목표지점이 정해지지 않기 때문에 발생 시점에서 임의의 지점이 선택된다. 그리고 이 지점에 도달하기 위한 경로도 목표지점을 향하는 방향에서 임의적으로 선택된다. 따라서 기존 연구 중에서 랜덤 워크포인트 모델과 유사하다. 다만 목표지점으로서의 방향성을 갖는 점에서 차이가 있다. 다음(그림 2)는 목표지점으로서의 방향성을 갖는 임의적인 이동 경로 선택 방법을 나타내고 있다.

시작지점과 목표지점을 두 꼭지점으로 하는 직사각형 내에서 임의의 점을 선택하여 이를 중간지점으로 한다. 그다음 중간지점과 목표지점을 직사각형으로 하고 그 내부에서 임의의 점을 선택하여 다음 중간지점으로 한다. 이와 같은 방법을 필요한 중간지점개수 만큼 반복한다. 지점간의 이동 속도는 도보로 이동하거나 차로 이동하는 2가지 경우에 하나일 가능성이 높기 때문에 2가지 경우의 속도를 고려하여 임의적으로 선택하여 설정할 수 있다.

3.2 규칙적인 이동 모델

3.2.1 공간적 이동 모델

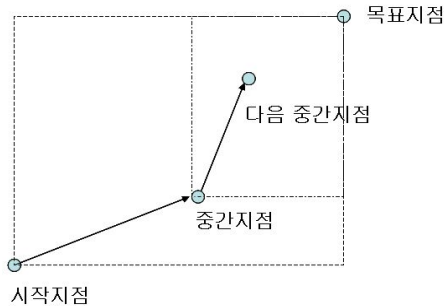


그림 2. 목표지점을 갖는 경로 설정
Fig. 2 Destination-oriented path decision

기존의 이동성 모델 중에서 규칙적인 패턴을 갖는 이동성을 나타내는 특성을 갖는 모델은 그래프 워크 모델이다. 이 모델은 사용자 이동 영역 중에서 그래프를 이용하여 제한된 경로 상에서의 사용자 이동을 나타낸다. 그러나 이동과 시간과의 상관관계를 나타낼 수 없는 단점이 있으며, 물리적인 지형에 따른 다양한 경로 표현이 어렵다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위한 개선된 모델을 제안한다. 사용자가 자주 방문하는 장소를 나타내는 지점을 정점으로 하고, 이들 사이의 이동을 나타내는 선분으로 두 정점을 연결하여 이루어지는 그래프 워크 모델을 기반으로 한다. 두 정점을 연결하는 이동은 두 정점간의 방향성을 갖는 선분으로 나타난다. 다음 (그림 3)은 집, 사무실, 거러처, 식당, 가게 등 자주 방문하는 지점을 정점으로 하고 그들 간의 이동을 링크로 하는 그래프 이동 모델을 나타내었다.

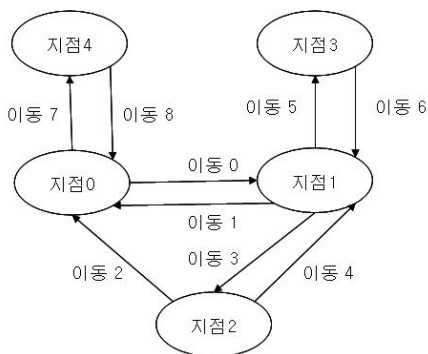


그림 3. 그래프 이동 모델
Fig. 3 Graph movement model

3.2.2 시간적인 이동 특성

한 장소에서 다른 장소로의 이동은 일반적으로 시간과 대응되는 특성이 있다. 예를 들어서 지장에 출근하는 시간이 정해져 있는 경우가 많으며, 이에 따라 집에서 직장까지의 이동은 정해진 시간대에서 발생할 가능성이 대단히 높다. 또한 점심시간에는 식당으로의 이동이 빈번히 발생한다. 이와 같이 시간과 사용자의 이동은 밀접한 관계가 존재한다. 본 논문에서 제안하는 그래프 이동 모델에서 이동을 나타내는 링크는 비용을 갖는데, 이는 해당 시간 범위 내에서 이동이 일어날 확률을 나타낸다. 이 확률 값은 타임 슬롯 (time slot) 단위로 변화한다. 이렇게 함으로써 시간과 이동의 관련성을 묘사할 수 있다. 다음 (그림 4)는 타임 슬롯의 열로 나타나는 시간의 흐름에 따른 한 이동에 대한 확률 값의 변화 예를 나타낸 것이다.

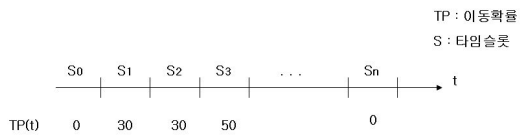


그림 4. 타임 슬롯에 대한 이동 확률의 예
Fig. 4 Example of movement probabilities for time slots

(그림 4)에 나타난 이동 확률 값의 변화와 같이 그래프 워크 모델의 모든 선분에 대응되는 확률 값들은 각기 다른 타임 슬롯에 대한 함수로 나타난다. 타임 슬롯의 간격이 작을수록 시간에 따른 이동확률을 섬세하게 묘사할 수 있다.

사용자가 존재하는 지점이 결정되면 현재 해당 타임슬롯에서 다음 이동 지점이 확률적으로 결정되며, 만약 확률 값이 작아서 아무런 이동도 일어나지 않으면 계속 그 지점에 머무는 것으로 간주한다. 그럴 경우에는 다음 시간범위로 시간이 흐름에 따라 다른 이동확률로 변화하게 되고 따라서 이동이 발생할 수 있게 된다.

p 확률 값을 연속된 타임 슬롯 n 개에 균등하게 부여하기 위해서는 i 번째 타임 슬롯에서는 다음과 같은 식에 의하여 각 슬롯의 확률 값이 결정된다.

$$pr(i) = \frac{p}{n - (i - 1)p} \dots\dots\dots (1) \quad (pr(i) \text{는 연속한 } n \text{ 개 타임 슬롯 중에서 } i \text{ 번째 슬롯의 확률 값})$$

n 개의 슬롯으로 확률이 나눠므로 각 슬롯에서 사건이

발생할 확률은 p/n 이 된다. 따라서 첫 번째 슬롯의 확률은 p/n 이다. 그러나 두 번째 슬롯의 경우는 확률 값을 $pr(2)$ 라 하면, 첫 번째 슬롯에서 사건이 발생하지 않은 연후에 발생하는 조건부 확률이기 때문에 $(1 - pr(1))pr(2) = \frac{p}{n}$ 이다. 그러므로 $pr(2)$ 에 대하여 정리하면 $pr(2) = \frac{p}{n-p}$

이다. 세 번째 슬롯의 확률 값을 $pr(3)$ 이라하면

$$(1 - pr(1))(1 - pr(2))pr(3) = \frac{p}{n} \text{이고, 이를 정}$$

리하면 $pr(3) = \frac{p}{(n-2p)}$ 임을 알 수 있다.

연속한 n 번째 슬롯 중에서 i 번째 사건이 발생할 확률은 $i-1$ 번째까지 사건이 발생하지 않고 난 후에 발생해야 하므로 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$(1 - pr(1))(1 - pr(2)) \cdots (1 - pr(i-1))pr(i) = \frac{p}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{여기서 } pr(i) = \frac{p}{n - (i-1)p} \dots\dots\dots (3)$$

라고 가정하면, $i+1$ 번째 슬롯에서는

$$(1 - pr(1))(1 - pr(2)) \cdots (1 - pr(i))pr(i+1) = \frac{p}{n} \dots\dots\dots (4) \text{이다.}$$

식 (4)에 식 (2), (3)을 대입하여 정리하면

$$pr(i+1) = \frac{p}{n - i \cdot p} \text{이다.}$$

따라서 귀납적인 방법으로 모든 타임 슬롯에 대하여 (1)식이 성립함을 증명할 수 있다.

예를 들어 총 0.8 확률 값으로 발생할 수 있는 사건이 연속한 3개의 타임 슬롯 기간 동안에 일어난다고 할 때 첫 번째 타임 슬롯의 값은 0.8/3이며, 두 번째는 0.8/(3-0.8), 세 번째는 0.8/(3-2*0.8)이다.

3.2.3 이동에 따른 경로

그래프 이동 모델에서 각 선분은 이동을 의미하지만, 이 선분이 이동경로의 물리적인 형태를 나타내는 것은 아니다. 물리적인 형태의 이동경로는 사용자의 이동을 고려하는 전체 영역 내에서 지리적인 여건에 따라 다수의 경로가 존재할 수 있다. 그리고 각 경로는 직선이 아니고 여러 개의 선분들이 연결되어 이루어지므로 직선선분들의 리스트로 나타

낸다. 이 직선선분에서의 이동을 나타내기 위해서 현재지점, 목표지점, 그리고 두 지점간의 이동속도 등 3개의 파라미터가 이용된다. 만약 한 선분 즉, 한 장소에서 다른 장소로의 이동 경로가 두 개 이상일 경우에는 2 개 이상의 서로 다른 리스트들이 존재할 수 있다. 이것을 그림으로 나타내면 다음 (그림 5)와 같다.

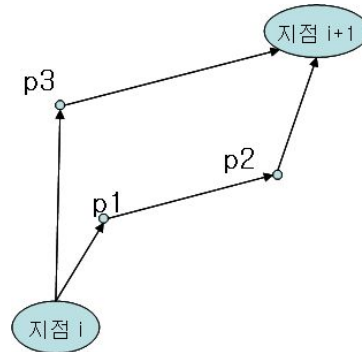


그림 5. 이동과 경로 대응
Fig. 5 Movement and path matching

(그림 5)에서 지점 i 에서 지점 $i+1$ 로의 이동을 의미하는 것이고, 이 이동에 사용될 수 있는 물리적인 경로는 중간 지점 $p1, p2$ 를 지나가는 3개의 선분으로 나타나는 경로와 $p3$ 를 지나가는 두개의 선분으로 나타나는 경로가 있다. 그리고 이 둘 중에서 한 경로가 확률적으로 선택되어 실제 모의실험에서 사용된다. 각 선분을 결정하는 요소로는 선분의 시작점과 끝점에 대한 좌표 값 $(x1, y1), (x2, y2)$ 와 이동 속도 v 가 있다.

IV. 모의실험 방안

앞 절에서 제한한 임의적 이동 모델과 규칙적 이동에서의 그래프 이동 모델을 이용하여 2차원 영역에서 사용자의 이동 시나리오 생성 과정을 단계 별로 나타내면 다음과 같다.

- ▶ 단계 1: 입력파일에로부터 그래프이동모델에 관련된 정보 즉, 지점, 이동, 타임 슬롯 당 이동 확률, 이동에 대응되는 물리적인 경로 정보, 임의적인 이동 대 규칙

적인 이동의 비율 등을 입력 받는다.

- ▶ 단계 2: 주어진 시간 동안 규칙적인 이동 정보만을 이용하여 모의실험을 수행한다. 즉, 현재시간이 주어진 시간보다 작은 한 단계 5를 반복한다. 이 때 각 이동에 소요되는 평균시간, 평균 선분개수, 평균 속도 값을 얻는다. 임의적인 이동 대 규칙적인 이동의 비율 고려하여 하루에 발생하는 임의적인 이동의 평균 빈도수를 계산한다.
- ▶ 단계 3: 임의적인 이동의 평균 빈도수를 이용하여 지수분포에 따른 다음 임의적인 이동의 발생시간을 얻는다. 현재 시간을 0으로 초기화하고 현재지점을 시작지점으로 초기화 한다.
- ▶ 단계 4: 현재시간이 모의실험 종료시간과 같으면 모의 실험을 종료한다. 현재시간이 다음 임의적인 이동 발생 시간보다 작으면 단계 5로 가고 그렇지 않으면 단계 6으로 간다.
- ▶ 단계 5: 현재의 타임 슬롯에서 현재 지점에서 가능한 이동 중에서 확률 값을 고려하여 한 이동을 선택한다. 선택된 이동에 대한 물리적인 경로 정보를 이용하여 이동할 목표 좌표와 속도들로 이루어진 리스트를 얻어서 출력파일에 저장한다. 그리고 해당 좌표와 속도를 이용하여 이동 소요시간을 계산하고 현재시간을 그만큼 증가시킨 후 단계 4로 간다. 확률 값이 작을 경우에는 어떠한 이동도 선택되지 않을 수 있다. 이 경우에는 현재 슬롯 만큼 현재시간이 증가하고 단계 4로 간다.
- ▶ 단계 6: 모의실험 대상이 되는 2차원 영역 내에서 임의의 균등분포 확률변수를 이용하여 목표지점을 선택한다. 그리고 현재지점을 중간지점으로 하고, 중간선분의 개수를 0으로 한다.
- ▶ 단계 7: 중간선분의 개수가 측정된 평균 선분개수보다 작으면 단계 8로 간다. 그렇지 않으면 남은 이동시간 만큼 목표지점에서 대기한다. 그리고 그 시간만큼 현재 시간을 증가시킨다. 현재시간을 고려하여 규칙적인 이동 그래프 정보에서 가장 빈도가 높은 지점을 현재지점으로 한다. 임의적인 이동의 평균 빈도수를 이용하여 지수분포에 따른 다음 임의적인 이동의 발생시간을 얻고 단계 4로 간다.
- ▶ 단계 8: 중간지점과 목표지점을 양 모서리로 하는 직사각형 내에서 임의의 지점을 선택하고 중간 지점과 선택된 중간 지점을 양 끝으로 하는 선분 상에서의 속

도는 측정된 평균속도 값과 정규분포 확률 변수를 이용하여 결정한다. 현재시간, 선택된 선분의 양 끝 점의 좌표, 그리고 속도를 출력파일에 저장한다. 선택된 선분 상에서의 이동에 따른 소요시간만큼 현재시간을 증가시킨다. 단계 7로 간다.

4.1 모의실험 프로그램

본 논문에서 제안한 모델을 모의실험하기 위하여 지점, 이동, 경로, 선분 등 4 개의 주요 요소들을 고려하였다. 각 요소들은 연결리스트 구조를 이용하여 구성되었다. 각 지점 노드는 해당 지점에서 발생할 수 있는 모든 이동에 대한 정보를 갖는 이동 노드들로 구성된 연결리스트의 헤더를 갖는다. 이동 노드는 하루 동안 각각의 타임 슬롯에서 해당 이동발생 확률 정보를 모두 포함한다.

한편 각 이동에 대한 실제 물리적인 이동 정보 즉, 선분에 대한 좌표와 속도 등에 대한 데이터 구조는 전이에 대응되는 경로와 경로를 이루는 이동정보들로 구성된다. 한 경로에 대한 정보는 경로노드로 표현되며, 한 이동에서 발생 가능한 다수의 경로들은 연결리스트로 연결되고 시작 포인터를 이동 노드가 갖는다.

한 경로 노드는 자신과 관련된 선분들의 좌표와 속도 정보를 갖는 다수의 선분이동 노드들의 연결리스트 포인터를 갖는다. 이 정보들을 이용하여 구체적인 다음 목적지의 좌표와 움직이는 속도 등을 얻을 수 있다.

이상의 데이터 구조를 그림으로 나타내면 다음 (그림 6)과 같다.

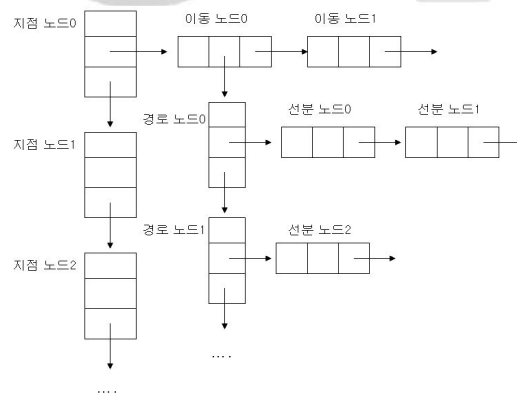


그림 6 모의실험 프로그램의 자료구조
Fig. 6 Data structure of the simulation program

V. 모의실험 결과 및 검토

5.1 모의실험을 위한 가정

- 첫째, 모의실험에서 고려하는 영역은 20000 m x 20000 m 로 한다.
- 둘째, 이동 확률 값이 할당되는 타임 슬롯은 10분 단위로 한다.
- 셋째, 사용자가 방문하는 지점은 (x,y) 좌표 값으로 정해진다.
- 넷째, 사용자의 움직임은 다수의 선분들의 연결로 이루어지며, 각각의 선분에는 이동속도가 주어진다.
- 다섯째, 하루 동안에 사용자의 움직임이 시간별로 이동패턴을 갖는다. 이에 따른 하루 동안의 각 타임 슬롯에 대한 이동 발생확률 값을 입력 시에 결정된다.
- 여섯째, 임의적인 이동 발생은 지수분포를 따른다.
- 일곱째, 임의적인 이동의 경로를 이루는 선분 개수는 평균 선분개수를 중심으로 정규분포를 따른다.
- 여덟째, 경로 내의 각 선분 상에서 이동 속도는 평균속도를 중심으로 정규분포를 따른다.

5.2 모의실험 결과 및 검토

모의실험 실행결과 생성되는 이동 시나리오는 출력파일로 저장된다. 출력파일의 형식은 다음 (그림 7)과 같다.

28800	100	200	10000	20000	10.00
45413	10000	20000	12000	18000	14.00
46215	12000	18000	8465	6205	18.60
56860	8465	6205	10000	20000	26.95
57974	10000	20000	100	200	11.00
60586	100	200	4004	18417	23.77
69033	4004	18417	100	200	16.40
72568	100	200	3000	2000	14.00
72811	3000	2000	5000	3000	15.00
75960	5000	3000	3000	2000	15.00
76109	3000	2000	100	200	14.00
106962	100	200	12059	17821	15.69
117295	12059	17821	10000	20000	19.21

그림 7. 출력파일 형식
Fig. 7 Output file format

출력 형식은 각 행들이 한 선분에서의 이동 정보를 나타내는 것이다. 가장 왼쪽 열이 해당 선분 상에서의 이동이 시작된 시간으로 초단위로 나타내었다. 두 번째 열은 선분의 시작 점 x 좌표, 세 번째 열은 시작점의 y 좌표 이며, 네 번째는 끝 점의 x 좌표, 다섯 번째는 끝 점의 y 좌표이다. 마지막 열은 이동 속도를 나타낸다.

이와 같은 데이터는 ns-2[11]와 같은 기존 네트워크 시뮬레이터에서 사용하는 이동 시나리오의 데이터와 유사하다. 그러므로 본 시뮬레이션 프로그램의 결과물인 이동 시나리오를 이용하여 기존 네트워크 시뮬레이터의 입력데이터로 활용 가능할 것으로 생각된다.

모의실험 입력의 한 예로 사용된 이동특성은 다음과 같다. 규칙적인 이동을 위한 그래프 이동 모델은 집, 사무실, 식당, 거래처, 마켓, 헬스클럽 등 사용자가 자주 방문하는 6개의 지점을 노드로 하고 이들 간의 이동 특성을 타임 슬롯에 대한 확률 값으로 주었다. 그리고 임의적인 이동의 정도를 10%, 20%, 30%, 40%, 50%로 변화시키면서 결과치를 얻었다. 모의실험 결과를 얻기 위해서 100일간에 대한 실험을 수행하였다. 동일한 실험을 5회 반복하여 산술평균치로 최종결과를 얻었다.

출력결과를 모두 나타낼 수 없으므로 집에서 사무실로의 출근을 위한 이동의 발생 빈도를 알아보기 위해서 제한된 시간범위인 7시50분에서 8시 40분에 해당하는 시간대에서 결과만을 출력해 보았다. 해당되는 이동은 규칙적인 이동 모델에서 8:00에서 8:30 시간대에서 총 1.0확률로 발생한다고 가정하였다. 10분 간격으로 확률을 식 (1)에 따라 각각 0.33, 0.5, 1.0 으로 주어졌다. (그림 8)이 해당 시간대에서 집에서 사무실로의 이동에 관련된 경로들의 발생 빈도를 나타낸 것이다. 임의적인 이동이 20%라고 가정하였다.

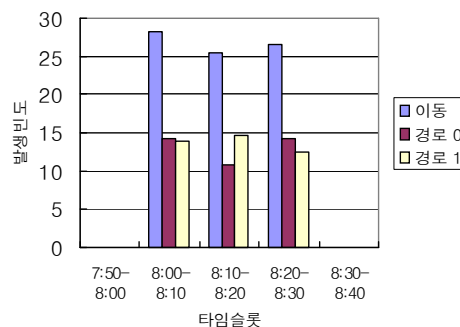


그림 8. 이동의 발생빈도
Fig. 8 The number of a movement in some time slots

식 (1)이 의도했던 것처럼 (그림 8)은 각 타임 슬롯에서 발생하는 빈도가 거의 비슷하게 분포됨을 알 수 있다. 또 이 이동에 대해서 선택 가능한 물리적인 경로가 0과 1 두 가지로 입력되었기 때문에 두 경로의 선택이 거의 비슷하게 발생함을 확인할 수 있다.

한편 임의적인 이동의 정도를 10%에서 50%로 변화시켜가면서 이동의 발생 빈도를 나타낸 것이 (그림 9)이다.

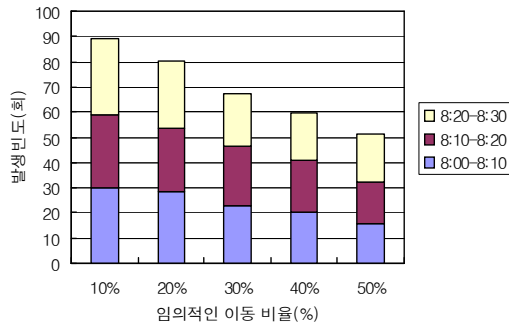


그림 9. 임의적인 이동 비율에 따른 이동의 발생빈도
Fig. 9 The number of a movement in some time slots with variable random move rate

(그림 9)에서 알 수 있듯이 임의적인 이동 비율이 높아짐에 따라 규칙적인 이동의 발생 비율이 전체적으로 그 만큼 줄어들었음을 알 수 있다. 그리고 각 슬롯에서의 발생 비율은 계속 유지됨을 확인할 수 있다.

이상에서 알아본 바와 같이 제안된 모의실험 방법에 의하여 생성되는 이동 시나리오가 의도했던 특징인 임의적인 이동 비율에 따른 변화나 타임 슬롯을 이용한 이동과 시간과의 상관관계, 그리고 이동과 물리적인 경로와의 규칙성들을 갖고 있음을 확인할 수 있었다.

한편, 생성된 이동 시나리오를 이용하여 직경이 1km인 육각 셀들로 이루어진 셀룰러 망에서의 평봉효과 발생 정도를 측정하였다. 평봉효과란 터미널이 현재 위치영역의 바로 이전 위치영역으로 되돌아 가는 현상을 의미한다. 즉 사용자가 A 위치영역에서 B 위치영역으로 이동했다가 다시 A 위치영역으로 이동하는 현상으로, 이러한 이동의 반복적인 발생이 불필요한 위치갱신을 요구하게 된다. 따라서 위치갱신 빈도를 줄이기 위해서 평봉효과를 고려한 위치갱신 알고리즘에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다[12]. 그러나 기존의 연구에서의 성능분석은 랜덤 웨이포인트 모델을 이용하였다. 그 결과 전체 위치갱신 비용 중에서 약 20-22%가 평봉 위치갱신 비용이었다. 본 논문의 방안에서 이동 시

나리오를 사용하고 각 셀을 위치영역으로 가정할 때, 80%의 규칙적인 이동 특성이 있는 터미널의 평봉 위치갱신은 모의실험결과 전체 위치갱신 중에서 약 4.5%이다. 이와 같이 이동패턴을 고려했을 때의 성능분석 결과는 랜덤 웨이포인트 모델을 이용한 결과와는 상당한 차이가 존재함을 알 수 있다.

VI. 결론

이동 통신망의 성능분석에서는 사용자 터미널의 이동을 단순화시켜 나타내는 이동성 모델을 가정하고 이를 토대로 분석적인 방법을 사용하는 경우가 많았다. 그러나 보다 현실성 있는 연구를 위해서는 사용자들의 이동패턴을 고려한 모의실험을 통한 성능분석이 필수적으로 요구된다.

본 논문은 임의적인 이동과 규칙적인 이동 특성을 함께 고려한 모의실험 방안에 대하여 기술하였다. 임의적인 이동은 임의적인 위치를 결정하고 이 목표점을 향하는 방향성을 갖는 복수개의 선분으로 구성되는 임의 경로의 생성하도록 하였다. 또한 규칙적인 이동을 위해서는 공간적 이동 패턴을 나타낼 수 있는 기존의 그래프 워크 모델에서 고려하지 않은 시간과 사용자이동 패턴의 연관관계를 고려한 개선된 사용자 이동 모델을 제안하고 이를 이용한 모의실험 방안을 기술하였다. 이를 위해서 각 이동 선분에 이동확률을 주었으며, 확률 값은 시간슬롯이 변함에 따라 변하는 모델을 이용하였다. 주어진 시간슬롯에서의 확률 값에 따라 특정 이동이 발생하므로 항상 동일한 이동 패턴을 보이지는 않는다. 한편 해당된 이동에 대한 경로의 물리적인 좌표와 이동속도 등의 정보는 입력으로 주어지며, 다수의 경로가 존재할 수 있도록 모델을 제안하였다.

제안된 모델을 이용한 모의실험 결과 의도했던 임의적인 이동과 규칙적인 이동의 비율로 이동 시나리오가 생성됨을 확인하였다. 또한 규칙적인 이동에서는 시간슬롯에 주어진 확률 값에 따라 이동 사건이 발생하는 시나리오가 생성됨을 확인하였다. 그 결과 일정한 시간 범위에서 사용자의 이동 패턴을 고려한 이동 시나리오를 생성할 수 있었으며, 생성 시나리오는 ns-2와 같은 기존 네트워크 시뮬레이터를 이용한 이동망 모의실험 연구의 입력데이터로 사용가능할 것으로 사료된다. 향후 이동망의 성능분석 연구에서 본 논문에서 제안한 모의실험 방안이 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 노경택, 김혜영, "이동성이 잦은 Mobile IP를 위한 효율적인 연결 설정 기법," 한국컴퓨터정보학회 9권 4호, 167-168, 2004, 12
- [2] 이종언, 차시호, 김규호, "이동성 지원을 위한 JAIN 기반 SIP 시스템 프레임워크의 설계," 한국컴퓨터정보학회 8권 4호, pp138-139, 2003, 12
- [3] Pablo Garcia Escalle, Vicente Casares Ginger, and Jorge Mataix Oltra, "Reducing Location Update and Paging Costs in a PCS Network," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol.1 No.1, January 2002.
- [4] J Broch, D.A. Maltz, D.B. Johnson, Y.C. Hu, and Jorjeta Jetcheva, "A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols," Proceedings of the 4th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, ACM, Dallas, TX, October 1998
- [5] B. Chen, K Jamienson, H. Balakrishnan, R. Morris, "Span: An Energy-Efficient Coordination Algorithm for Topology Maintenance in Ad Hoc Wireless Networks," Proceedings of the 7th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Rome, Italy, July 2001
- [6] Ilya Stepanov, Jorg Hahner, Christian Becker, Jing Tian and Kurt Rothermel, "Meta-Model and Framework for User Mobility in Mobile Networks," Proceedings of the 11th International Conference on Networking 2003 (ICON 2003), Sydney, Australia, September 28-October 1, 2003.
- [7] Y. B. Ko and N. H. Vaidya, "Location-aided routing(LAR) in mobile ad-hoc networks," Proceeding of ACM/IEEE Int. Conf. on Mobile Computing and Networking(Mobicom'98), October 1998.
- [8] C. Bettstetter, "Smooth is Better than Sharp: A Random Mobility Model for Simulation of Wireless Networks", Proceedings of the 4th ACM International Workshop on Modeling, Analysis, and Simulation of Wireless and Mobile Systems(MSWiM'01), Rome, Italy, July 2001
- [9] J. Tian, J. Hahner, C. Becker, I. Stepanov, K. Rothermel, "Graph-based Mobility Model for Mobile Ad Hoc Network Simulation," Proceedings of the 35th Annual Simulation Symposium, in cooperation with IEEE Computer Society and ACM, San Diego, California, April 2002.
- [10] T. Liu, P. Bahl, "Mobility Modeling, Location Tracking, and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks," IEEE Journal on Special Areas in Communications, Special Issue on Wireless Access Broadband Networks, Vol. 16, No. 6, August 1998.
- [11] Kevin, "The ns Manual," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>, December 13, 2003
- [12] Guangli Fan, Ivan Stojmenovic and Jingyuan Zhang, "A Triple Layer Location Management Strategy for Wireless Cellular Networks," Computer Communications and Networks, 2002 Proceedings. Eleventh International Conference on 14-16 Oct. 2002 Page(s):489 - 492

저자소개



조 현 준

1995.2 고려대학교 전자공학과 공학박사

1995.3 현재 전주대학교 공과대학 컴퓨터공학과 부교수

1989.1-1991.8 (주)쌍용컴퓨터 시스템연구소 연구원

2002.8~2003.7 Visiting scholar at Department of

Computer Science and Engineering, Arizona

tate University