

# 영역 기준 이동통신망에서 이동성의 모형화 및 모형들의 비교 분석

홍정식<sup>1\*</sup> · 장인갑<sup>2</sup> · 이진승<sup>2</sup> · 이창훈<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울산업대학교 산업정보시스템공학과 / <sup>2</sup>서울대학교 산업공학과

## A New Mobility Modeling and Comparisons of Various Mobility Models in Zone-based Cellular Networks

J.S. Hong<sup>1</sup> · I.K. Chang<sup>2</sup> · J.S. Lee<sup>2</sup> · C.H. Lie<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial & Information Systems Engineering Seoul National University of Technology, Seoul, 139-743

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering Seoul National University Seoul, 151-742

Objective of this paper is to develop the user mobility model(UMM) which is used for the performance analysis of location update and paging algorithm and at the same time, consider the user mobility pattern(UMP) in zone-based cellular networks. User mobility pattern shows correlation in space and time. UMM should consider these correlations of UMP. K-dimensional Markov chain is presented as a UMM considering them where the states of Markov chain are defined as the current location area(LA) and the consecutive LAs visited in the path. Also, a new two dimensional Markov chain composed of current LA and time interval is presented. Simulation results show that the appropriate size of K in the former UMM is two and the latter UMM reflects the characteristic of UMP well and so is a good model for the analytic method to solve the performance of location update and paging algorithm.

**Keywords:** UMM, cellular network, location update

### 1. 서론

UMM은 이동통신에서의 여러 문제를 시뮬레이션에 의해 해결하거나 분석적 방법에 의해 풀려고 할 때 기본 입력 모형으로 제시된다. 본 논문은 분석적 방법에 활용되는 UMM을 다룬다. 이 경우, UMM이란 이동통신 사용자(mobile user, 이하 MU로 표기)의 이동형태 및 이동의 유형들을 하나의 수식이나 혹은 여러 수식의 집합체로 표현하는 것을 말한다. UMM이 중요한 이유는 그것이 첫째, 위치 등록과 페이징 방법의 성능분석 문제, 둘째, 위치등록 영역의 크기 결정문제, 셋째, 핸드오프 알고리즘의 성능분석 문제 등과 같은 여러 문제에 대한 기본 모형을 제시하고 있기 때문이다. 핸드오프 문제에서의 UMM은 사용

자의 속도와 셀 크기에 따른 MU의 셀 체류시간 등에 대한 분포의 모형화가 중요한 이슈이며(Hidaka *et al.*, 2001; Jugl and Boche, 1999; Saitoh *et al.*, 2001), 영역 크기 결정문제에서는 개별 MU보다 셀이나 영역에 머무르는 전체 MU의 이동률 등이 모형화의 중요 대상이 된다(Demirkol, 2001; Ali, 2002). 한편 위치 등록과 페이징 방법의 성능분석 문제에서의 MU의 UMM은 개별 MU의 이동 유형에 대한 모형화가 다루어진다. 이 방면에 관한 다양한 논문의 고찰이 (Hong *et al.*, 2001)에 나와 있다. 본 논문은 개별 MU의 이동 유형에 대한 UMM을 다룬다. 따라서 UMM에 대한 기존의 연구는 위치등록과 페이징 문제에서 다루어진 연구를 중심으로 검토된다.

위치등록과 페이징 문제에서 다루어진 UMM은 크게 두 가

\*연락처 : 홍정식, 139-743 서울시 노원구 공릉 2동 172번지 서울산업대학교 산업정보시스템공학과,  
Fax : 02-970-6474, E-mail : hong@snut.ac.kr

지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 셀을 기본 단위로 한 모형이며 (Ho and Akyildiz, 1995; Ho and Xu, 1998; Jeon and Jeong, 2000; Lin, 2002), 둘째는 위치등록 영역(zone 또는 location area로 표현됨, 이하 영역으로 표기)을 기본 단위로 한 모형이다(Jeon and Jeong, 2000; Pollini, 1997; Rose, 1999; Sanjoy *et al.*, 1999). 본 논문은 후자를 연구 대상으로 하나 셀 단위 모형화에도 적용될 수 있다. 다른 한편 셀 단위의 UMM에 대한 연구에 대한 개요는 (Wong and Leung, 2001)를 참조하라. 영역을 단위로 한 UMM은 다음 4가지 차원에서 고찰할 수 있다.

- (1) 영역 네트워크 모형
- (2) 영역 체류시간(zone residence time, 이하 ZRT로 표기)의 모형
- (3) 영역 이동시 이웃 영역으로의 이동확률 부여
- (4) 영역 이동패턴의 반영 모형

영역 네트워크 모형은 사각형 구조(mesh structure)나 육각형 구조(hexagonal structure) 등과 같은 구조화된 모형(Akyildiz *et al.*, 1996; Jeon and Jeong, 2000)과 실제의 형상을 반영한 그래프 모형이 있다(Sanjoy *et al.*, 1995; Wong and Leung, 2001). 영역은 셀보다 크기가 크며 지리적인 제약을 상당히 받는다라는 점을 고려하면 실제 형상을 반영한 그래프 모형이 보다 타당할 것이다. 본 논문 역시 그래프 모형을 토대로 UMM을 제시한다. ZRT는 지수분포를 가정하거나 일반분포를 설정할 경우는, 감마분포가 주로 가정되기도 한다[20]. (3)과 (4)는 서로 관련된 것으로 (4)에 따라 (3)의 확률이 주어지기도 하고(Wong and Leung, 2001), 단순히 방향만을 고려하여 (3)의 확률이 주어지거나 랜덤으로 주는 경우(Bera and Das, 2000; Lin, 2002)가 있다.

실제 영역의 형상을 반영한 그래프 모형을 토대로 이동성을 모형화한 기존 연구들의 문제점은 다음과 같다. (Sanjoy *et al.*, 1999)의 경우는 그래프에서 노드에서의 체류시간, 즉 ZRT를 기하분포로 가정하여 MU의 이동성을 마코프 체인으로 모형화하였다. 여기서 노드 간 이동확률이 영역 이동의 패턴을 반영한다고 되어 있으나 실제 MU는 시간에 따라 서로 다른 이동패턴을 보여준다. 즉 MU의 이동패턴에는 공간적인 상관성(spatial correlation)뿐만 아니라 시간적인 상관성(temporal correlation)이 존재하는데 (Sanjoy *et al.*, 1999)는 후자가 제대로 고려되지 못하고 있다.

(Wong and Leung, 2001)의 경우 ZRT를 일반 분포로 확장하고 노드 간 이동 확률 또한 이동 경로를 반영한 수식이 제시되었으나, 분석적인 복잡성이 너무 커서 실제 활용 가능성이 매우 낮다고 할 수 있다. 또한 이동 경로를 어느 정도까지 반영해야 하는가도 해결되지 못한 상태이다.

따라서 본 논문에서 새로이 제시되는 내용은 다음과 같다.

첫째, 공간적인 상관성을 반영하여 방향이 고려된 새로운 UMM이 제시된다. 이 모형은 이동방향을 반영할 뿐만 아니라 시간적인 상관성도 반영하고 있음이 보여질 것이다.

둘째, 시간적인 상관성을 직접 반영한 또 다른 UMM이 제시된다.

셋째, (Amiya and Sajal, 2002)에서 제시된 엔트로피를 이용하여 이들 모형의 비교가 이루어진다. UMM에 대한 체계적인 분류의 틀 및 비교의 척도는 (Amiya and Sajal, 2002)에서 처음으로 제시되었다. 그러나 (Amiya and Sajal, 2002)에서는 그래프 모형을 토대로 한 UMM을 다루지 않고 이동 데이터의 스트링을 토대로 비교가 이루어졌고 실제 데이터 혹은 이를 반영한 시물레이션 데이터가 분석되지는 못하였다.

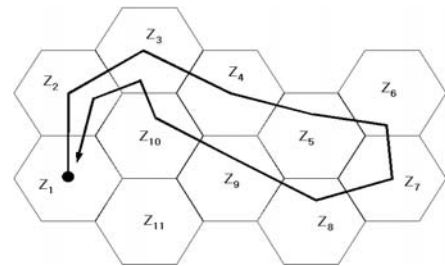
본 논문은 다음과 같이 구성된다.

2장에서는 MU의 이동패턴을 표현하는 방식이 소개되고, 이에 따른 이동성 모형들이 제시된다. 3장에서는 UMM의 비교를 위한 이동 자료를 생성시키기 위한 시물레이션 모형의 디자인이 제시된다. 4장에서는 3장에서 제시된 시물레이션을 통해 생성된 MU의 이동 데이터를 토대로 UMM의 모수 추정과 이들 모형의 비교가 이루어진다. 마지막으로 5장에서 결론이 제시된다.

## 2. 이동성 모형화 및 비교 척도

### 2.1 개별 이동의 표현

MU의 UMM이 현실성을 갖기 위해서는 MU의 개별 이동의 특성이 반영되어야 한다. MU의 개별 이동의 모형은 주로 시물레이션 모형에서 다루어지고 있고(Ajit and Khatri, 2001), 이를 보다 추상적으로 표현한 것은 (Amiya and Sajal, 2002)에 나와 있는 스트링 표현이다. <그림 1>에 하나의 이동경로와 그에 대한 스트링 표현이 나와 있다.



(a) 이동경로에 대한 예제

Z<sub>1</sub> Z<sub>1</sub> Z<sub>1</sub> Z<sub>1</sub> Z<sub>2</sub> Z<sub>3</sub> Z<sub>4</sub> Z<sub>5</sub> Z<sub>6</sub> Z<sub>7</sub> Z<sub>7</sub> Z<sub>7</sub> Z<sub>7</sub> Z<sub>8</sub> Z<sub>9</sub> Z<sub>10</sub> Z<sub>3</sub> Z<sub>2</sub> Z<sub>1</sub>

(b) 이동경로에 대한 스트링 표현

그림 1. 이동경로 예제와 스트링 표현.

이와 같은 스트링 표현은 압축적이지만 실제의 영역 네트워크의 특성이 반영되지 못하는 단점이 있다. 이러한 이동경로는 다음 <그림 2>와 같이 방향 그래프로 표현할 수 있다.

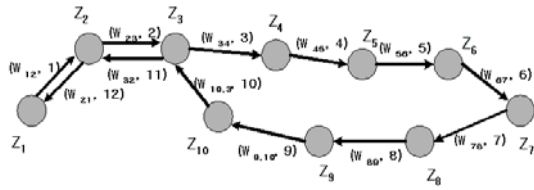


그림 2. 방향 그래프로 표현된 이동경로.

$w_{ij}$ 는  $Z_i$ 에서  $Z_j$ 로 가기 전까지  $Z_i$ 에서 머무는 시간을 의미한다. 정수는 이동의 순서를 가리킨다.

2.2 이동성의 모형화

영역을 단위로 한 그래프 모형에서 MU의 이동성에 관한 가장 대표적인 모형은 각 영역에서의 체류시간을 지수분포 혹은 기하분포로 가정하고 영역 간 이동 확률을 현재 머무르는 영역에 따라 결정된다고 가정하는 모형이다(Sanjay et al., 1999). 가령, ZRT가 기하분포인 경우 이는 마코프 체인으로 간단히 표현할 수 있으며, 상태 전이 확률이 모형을 대변한다.  $p_{ij}$ 는 한 슬롯 당  $i$  영역에서  $j$ 영역으로 이동이 이루어질 확률을 나타내며,  $i$  영역에서의 ZRT는  $1 - \sum_{j, j \neq i} p_{ij}$ 를 모수로 하는 기하분포를 따르는 것이다. 이 모형의 가장 큰 문제점은 2.1절에서 언급된 바와 같이 이동의 방향성을 반영하지 못한다는 것이다. <그림 2>와 같은 이동경로에서 이러한 이동경로가 매일 반복되면,  $p_{3,2}$ 와  $p_{3,4}$ 은 1/2로 나타내게 된다. 그러나 영역  $Z_3$ 에서는  $Z_2$ 를 거친 경우는  $Z_4$ 로의 이동만이 발생하고,  $Z_{10}$ 를 거친 경우는  $Z_2$ 로의 이동만이 발생하므로, 이러한 방향을 고려해서,  $Z_3$ 을 두 개의 상태로 나누어 보자. 즉,  $Z_3$ 을  $(Z_2, Z_3)$ 와  $(Z_{10}, Z_3)$ 로 나누게 되면,  $(Z_2, Z_3)$ 에서는  $Z_4$ 로의 이동만이 발생되며, 이를  $p_{2,3,4}$ 로 표현하면  $p_{2,3,4} = 1$ 이 되는 것이다. 마찬가지로  $p_{10,3,2}$  역시 1값을 갖게 된다.

이러한 경우를 고려하면, 상태를 영역 하나로 표현하는 것보다, 이전 영역과 현재 영역, 즉  $(Z_i, Z_j)$ 로 표현하는 것이 실제 상황을 더 잘 반영한다고 할 수 있다. 이를 일반화하면 K차원의 마코프체인 모형이 된다.

(Wong and Leung, 2001)에서 이전 경로를 고려한 영역 전이 확률을 일반적으로 제시하였으나, 몇 개까지 반영해야 하는지 추후 연구로 남겨두고 있다. 4장에서 우리는 이 문제를 다룰 것이다.

한편, 시간을 고려하면, 두 개의 영역을 상태로 정의하지 않고 하나의 영역만으로도 위의 현상을 반영하는 것이 가능하다. 시간을 고려하면,  $Z_3$ 에서  $Z_4$ 로의 이동이  $Z_3$ 에서  $Z_2$ 로의 이동보다 먼저 일어나는 것을 알 수 있다. 가령  $Z_1$ 이 집이 있는 영역이고,  $Z_7$ 이 직장인 있는 영역일 경우 오전에는  $Z_3$ 에서  $Z_4$ 로의 이동이 생겨나고, 오후에는  $Z_3$ 에서  $Z_2$ 로의 이동이 이루어짐을 알 수 있다. 가령, 논의를 간단히 하기 위해 오전과 오후, 두 개의 시간대로 하루를 나누게 되면, 각 시간대별로 노드 간 전이 확

률이 얻어지며, 이를 합해서 하나의 마코프체인으로 표현할 수 있다.

위의 사항을 종합하여 세 모형을 상태전이확률로 나타내 보면 <그림 3>과 같다.

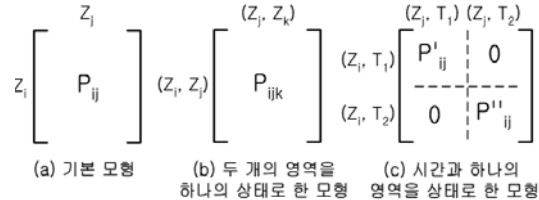


그림 3. 세 모형의 상태전이행렬.

2.3 이동성 모형 비교의 척도

UMM이 의미를 갖기 위해서는 MU의 실제적인 이동패턴을 반영하면서, 동시에 모형이 활용되는 문제의 분석 가능성을 용이하게 해야 한다. 후자를 고려하지 않는 경우는 시뮬레이션으로 문제를 풀려고 하는 경우이며, 개별 MU의 이동 패턴을 보다 세밀한 수준에서 다양하게 모형화 한다(Ajit and Khati, 2001).

본 논문은 위치등록과 페이징 문제의 분석적 해법에 활용될 UMM을 다루고자 하는 것이므로 MU의 실제 이동 패턴을 가능한 한 반영하되 위치 등록과 페이징 문제의 분석 가능성 또한 높여주는 모형에 초점이 맞추어진다.

MU의 실제 이동 패턴을 반영하려면 MU의 영역이동확률을 추정할 때, 지나온 경로의 영역 중 가능한 한 많은 영역을 고려하여 정하는 것이 바람직하다(Amiya and Sajal, 2002). 그러나 이것은 상태의 수를 폭발적으로 증가시키므로, 문제의 해결 가능성을 줄이게 된다. 따라서 영역이동확률을 산정할 때, 몇 개의 영역까지를 고려해야 하느냐가 모형의 핵심 요소라 할 수 있다.

(Amiya and Sajal, 2002)에서 이러한 문제를 해결하기 위해 엔트로피 척도가 제시되었다. 즉, MU가 어느 정도 규칙적인 MU일 경우 이동 패턴의 규칙성이 많이 반영된 모형일수록 모형에서 계산되는 MU의 엔트로피 값은 낮아질 것이라는 점을 모형 비교에 고려한 것이다. 그러나 (Amiya and Sajal, 2002)에서는 실제 데이터나 시뮬레이션으로 생성된 데이터를 토대로 모형 비교가 수행되지는 못하였다. (Amiya and Sajal, 2002)에서 제시된 척도를 보면 다음과 같다.

$$H(\nu) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(V_1, V_2, \dots, V_n) \tag{1}$$

$$H(\nu) = \lim_{n \rightarrow \infty} H(V_n | V_1, V_2, \dots, V_{n-1}) \tag{2}$$

식 (1)과 식 (2)에서  $\nu = \{V_i\}$ 는 안정상태 추계과정을 따르며,  $H(\nu)$ ,  $H(\nu)$ 는 각각 추계과정의 엔트로피 비율과 조건부



위의 <표 2>의 경우는 UMP가 1개인 경우의 각 도착지점에 따른 발생확률을 보여주고 있다. UMP가 2개 또는 3개인 경우에도 이와 같은 방식으로 확률을 발생시키기로 한다. 본 논문에서는 MU의 이동성에 초점을 두고 각 모형별 엔트로피 비율을 계산하여 비교, 분석한다. 따라서 호 도착에 따른 위치등록과 페이지에 관련된 부분은 추후 연구과제로 남겨두기로 한다.

#### 4. 이동성 모형들의 비교 분석

##### 4.1 시뮬레이션 자료를 통한 모형 파라미터 추정

2장에서 언급한 각 모형별로 전이상태확률을 구하는 방식은 다음과 같다.

###### 4.1.1 기본 모형(Sanjoy et al, 1999)

가장 기본적인 UMM으로 시뮬레이션을 통하여 누적된 이동경로 데이터로부터 각 영역 간 이동에 따른 빈도수를 구한다. 각 영역 간의 전이확률( $p_{ij}$ )은 상대도수가 될 것이다. 구해진 전이확률이 전이행렬( $P$ )을 이루며, 이 행렬을 이용하여 평형상태 확률을 구한다. 다음은 평형상태확률을 구하는 식을 보여주는 것이다.

$$PIP = \Pi \tag{4}$$

그러나 각 영역 간에 머무르는 시간(ZRT)이 위의 식에는 고려되어 있지 않다. 따라서 영역  $i$ 의 평균 체류시간을  $\mu_i$ 라 하면, 식 (4)로부터 구해진 결과를 다음 식 (5)와 같이 각 영역의  $\mu_i$ 에 따라 보정해준다.

$$\pi_i' = \mu_i \cdot \pi_i / \sum_j \mu_j \cdot \pi_j \tag{5}$$

각 영역에서의 ZRT 값은 다음 <표 3>과 같다.

표 3. 각 영역에서의 ZRT값

영역	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ZRT값	420	20	60	20	20	20	20	60	20	420

영역 1과 영역 10의 경우에는 집과 사무실의 역할을, 영역 3과 영역 8은 시장의 역할을 하기 때문에 다른 영역에 비하여 현실성을 반영하여 상대적인 체류시간을 더 길게 주기로 한다.

###### 4.1.2 두 개의 영역을 하나의 상태로 나타낸 모형

두 개의 영역을 하나의 상태로 나타내었으므로 기본적으로 전이확률이 상태 ( $Z_i, Z_j$ )에서 상태 ( $Z_j, Z_k$ )로의 상대도수로 표현된다. 기본 모형과 마찬가지로 누적된 데이터로부터 전이행렬이 구해진다. 또한 평형상태 확률과 각 상태에 따른 ZRT

값은 기본 모형에서 언급한 방식에 따라 구해진다. 또한 상태를 나타내는 영역의 개수를 3개로 확장하여 분석한 결과도 추가하여 함께 보여주기로 한다. 이것은 상태를 나타내는 영역이 증가함에 따라 MU의 모형에 대한 엔트로피를 비교하기 위함이다.

##### 4.1.3 시간과 하나의 영역을 상태로 한 모형

시간의 구분은 기본적으로 오전과 오후로 나누었으며, 전이확률은 상태 ( $Z, T$ )에서 상태 ( $Z, T$ )로 표현된다. 기본적으로 'T'는 0 또는 1의 값을 가지며, '0'은 오전을, '1'은 오후를 의미한다. 전이확률을 구하기 위한 상대도수는 시뮬레이션의 누적된 데이터로부터 얻어진다. 그러나 시간의 개념이 첨가되었기 때문에 3장에서 언급된 이동경로를 분할하게 된다. 가령 도착지점이 10인 경우에 이동경로는 1-2-6-10-6-2-1로 나타난다. 여기서 오전의 이동경로는 1-2-6-10이고, 오후의 이동경로는 10-6-2-1이 된다. 따라서 시간에 따라 나누어진 데이터로부터 각 상태별 전이확률이 구해지게 된다. 평형상태확률과 각 상태에 따른 ZRT 값은 기본 모형과 마찬가지로 방식으로 구해진다.

#### 4.2 모형에 따른 사용자 엔트로피 비율산정 결과

4.1절에서 언급된 각 모형에 따른 파라미터를 추정하여 2절의 식 (1)~(5)를 이용하여 엔트로피 비율을 계산한다. 다음 <그림 5>에서 <그림 7>까지는 UMP 개수에 따른 시뮬레이션 결과를 보여주는 것이다.

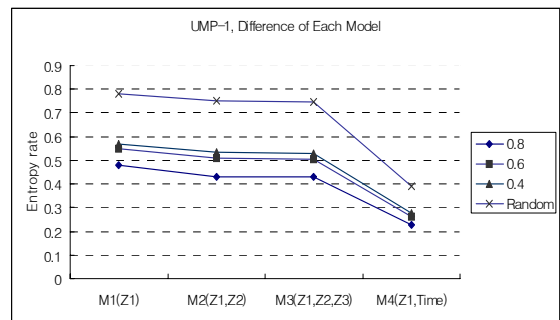


그림 5. UMP 1인 경우의 엔트로피 비율.

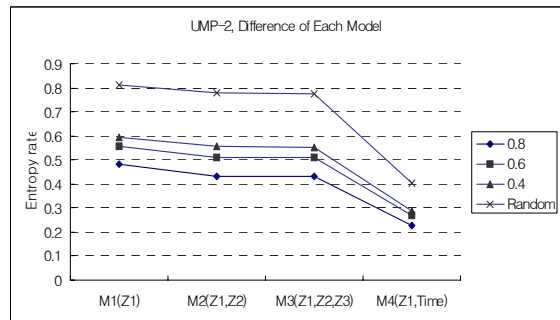


그림 6. UMP 2인 경우의 엔트로피 비율.

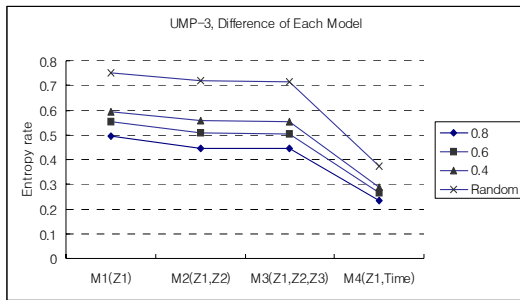


그림 7. UMP 3인 경우의 엔트로피 비율.

위의 <그림 5> ~ <그림 7>에서 보듯이 엔트로피의 크기는 기본 모형(M1), 영역 2개를 이용한 모형(M2), 영역 3개를 이용한 모형(M3), 그리고 영역과 시간을 이용한 모형(M4) 순으로 작아지고 있다. 영역의 수에 있어서는 상태에 필요한 영역의 수가 증가할수록 엔트로피 비율의 감소율을 보여주고 있으나, 상대적으로 1개에서 2개로 증가할 때보다 2개에서 3개로 증가할 때 감소의 정도가 현저히 줄어들고 있음을 알 수 있다. 가장 엔트로피 비율이 적게 나온 영역과 시간을 이용한 모형은 다른 모형에 비해 거의 절반 이상의 감소 효과가 있음을 알 수 있다. 이것은 시뮬레이션 설계시 이동경로에 있어서 오전과 오후의 비교적 단순한 설정에 원인이 있다고 생각된다. 왜냐하면 다른 모형에 비해 규칙성 변화에 대해서도 상대적으로 작은 변화만을 보이기 때문이다. 또한 규칙성이 커질수록 엔트로피 비율이 작게 나옴을 알 수 있다. 이것은 그만큼 MU의 이동경로를 예측하기 쉽다는 것을 내포한다. 이동통신 사용자의 특정한 패턴을 보편적으로 반영하기 위해 UMP 개수를 다르게 한 경우의 시뮬레이션 결과는 UMP 개수가 달라지더라도 전체적인 규칙성이 일정하거나 이동성 모형이 같으면 엔트로피 측면에서 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 MU의 이동패턴의 공간적 특성과 시간적 특성을 각기 반영한 UMM이 제시되었다. 이동 패턴의 공간적 상관성은 이동경로를 영역이동확률에 반영하는 방식으로 UMM에 포함된다. 이는 (Amiya and Sajal, 2002)에 언급되어 있으나 모형에 반영되는 이동경로 상의 적정 노드 수는 해결되지 못하였다. 본 논문에서 상태 정의를 현재 방문중인 영역과 이전 영역들로 새로이 정의한 명시적인 모형이 제시되었다. 한편 이동 패턴의 시간적 특성을 고려하기 위해 하루를 몇 개의 시간대로 나누고 이들 시간대별로 영역전이확률을 추정하는 새로운 모형이 제시되었다. MU의 이동패턴의 규칙성을 여러 수준으로 반영한 시뮬레이션에 따라 생성된 이동 데이터를 토대로 이들 모형의 모수추정이 실시되었다. 새로이 제시된 모형의 이동패턴 반영 정도와 이동경로를 반영한 모형에서의 상태를 구성하는 적정 노드 수를 정하기 위해 (Amiya and Sajal, 2002)에

서 제시된 엔트로피 척도가 활용되었다. 시뮬레이션에서 생성된 자료를 토대로 계산된 각 모형의 엔트로피를 비교한 결과는 다음과 같다.

- (1) 이동경로의 상태를 정의하는 방식의 모형에서 상태 수가 늘어날수록 엔트로피는 줄어드는데, 상태를 정의하는 노드 수가 1에서 2로 될 때는 그 차이가 뚜렷하였으나 2에서 3으로 될 때는 그 차이가 크지 않았다.
- (2) 이동 패턴의 규칙성이 증가할수록 상태 증가에 따른 엔트로피 감소량이 증가하였다.
- (3) 다양한 규칙성 하에서 이동 패턴의 시간적 상관성을 고려한 새로운 모형의 엔트로피가 가장 낮았다.

이상의 결과로부터 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 이동 경로를 UMM에 반영할 때 반영되는 노드 수는 2이면 충분하다.

둘째, 시간을 반영한 새로운 UMM은 위치등록과 페이징 알고리즘을 분석하는 데 충분히 활용될 정도로 단순하며 또한 이동 패턴도 제대로 반영됨이 입증되었다. 다만 이동 패턴의 시간적 특성이 시뮬레이션에 비교적 단순하게 디자인되어 있어 이 부분을 보다 다양하게 반영한 시뮬레이션이 실시될 필요가 있다.

## 참고문헌

- Ajit Pal and D.S. Khati(2001), Dynamic Location Management with Variable Size Location Areas, *Computer Networks and Mobile Computing, IEEE Proceedings*, 73-78
- Akyildiz I.F, J.S.M. Ho and Y.B. Lin(1996), Movement-Based Location Update and Selective Paging for PCS Networks, *IEEE/ACM Trans. on Networking*, 4(4), 629-638
- Amiya Bhattacharya and Sajal K.Das(2002), LeZi-Update: An Information-Theoretic Framework for Personal Mobility Tracking in PCS Networks, *Wireless network*, 8, 121-135
- Bar-Noy A., Kessler I. and Sidi M.(1995), Mobile users : To update or not to update?, *Wireless Networks*, 1, 175-185
- Bera A. and Das N.(2000), Performance Analysis of Dynamic Location Update Strategies for Mobile Users, *Distributed Computing Systems, Proceedings. 20th International Conference on*, 428 -435
- Erdal Cayirci and I.F. Akyildiz(2002), User Mobility Pattern Scheme for Location Update and Paging in Wireless Systems, *IEEE Transaction on mobile computing*, 1(3), 236-247
- Hidaka H., K. Saitoh, N. Shinagawa and T. Kobayashi(2001), Teletraffic Characteristics of Cellular Communication for Different Types of vehicle Motion, *IEICE Transaction Commun*, E84-B(3), 558-565
- Ho J.S.M and I.F. Akyildiz(1995), Mobile user location update and paging under delay constraints, *Wireless network*, 1, 413-425
- Ho J.S.M and J. Xu(1998), History-Based Location Tracking for Personal Communications Networks, *Vehicular Technology Conference, 1998. VTC 98. 48th IEEE*, 1, 244 -248
- I. Demirkol, C. Ersoy, M.U. Caglayan and H. Delic(2001), Location Area Planning in Cellular Networks Using Simulated Annealing, *IEEE INFOCOM*, 13-20

- Jeon W.S. and D.G. Jeong(2000), Performance of Improved Probabilistic Location Update Scheme for Cellular Mobile Networks, Vehicular Technology, *IEEE Trans. on*, 49(6), 2164-2173
- J.S. Hong, I.K. Chang, and C.H. Lie (2001), Optimal Mobility Management of PCNs Using Two Types of Cell Residence Time, *The Korean Operations Research and Management Science Society*, 27(3), 59-74
- Jugl E. and H. Boche(1999), Dwell time models for wireless communication systems, Vehicular Technology Conference, 1999. VTC 1999 - Fall. *IEEE VTS 50th*, Volume: 5, 2984 -2988
- Lin Y.B.(2002), Reducing Location Update Cost in a PCS Network, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 1(1), 200-209
- Pollini G.P.(1997), A Profile-Based Location Strategy and Its Performance, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 15(8), 1415 -1424
- Rose C.(1999), State-Based Paging/Registration : A Greedy Technique, Vehicular Technology, *IEEE Transactions on*, 48(1), 166 -173
- Saitoh K., H. Hidaka, N. Shinagawa and T. Kobayashi(2001), Vehicle Motions in Large and Small Cities and Teletraffic Characterization in Cellular Communication Systems, *IEICE Trans. Commun.* E84-B(4), 805-813
- Sanjoy K.S., A. Bhattacharya and S.K. Das(1999), A selective location update strategy for PCS users, *Wireless network*, 5, 313-326
- S.Z. Ali(2002), Design of Location Areas for Cellular Mobile Radio Networks, *VTC 2002*, 1106-1110
- Wong V.W.S. and V.C.M. Leung(2001), An adaptive Distance -Based Location Update Algorithm for Next-Generation PCS Networks, *IEEE Journal Selected Areas In Communications*, 19(10), 1942-1952