

# 셀룰러망에서 이동호스트의 이동성 예측을 위한 혼합 기법

권오승<sup>0</sup> 김명일 김성조  
중앙대학교 컴퓨터공학과  
(oskwon<sup>0</sup>, nicemi, sjkim)<sup>0</sup>@konan.cse.cau.ac.kr

## Hybrid Mobility Prediction Scheme for Mobile Host in Wireless Cellular Networks

Ou-Seung Kwon<sup>0</sup> Myung-Il Kim Sung-Jo Kim  
Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University

### 요 약

이동 컴퓨팅 환경에서는 무선 단말기 사용자의 이동에 따른 접속 단절 현상이 발생할 수 있다. 이러한 이동 컴퓨팅 환경에서 끊임 없는 핸드오프와 효율적인 호 수락 제어를 지원하기 위해서 사용자의 이동성 예측이 중요하다. 따라서, 본 논문에서는 사용자의 이동성을 규칙적인 패턴과 임의적인 패턴으로 분류하고, 규칙적인 이동패턴을 예측하기 위하여 사용자의 과거 이동경로를 분석·압축하며 임의적인 이동패턴은 GPS의 정보를 이용하여 이동성을 예측한다. 이러한 예측 기법은 무선 단말기 사용자의 속도가 매우 빠르거나, 셀룰러망의 셀의 크기가 작은 경우에 보다 효율적으로 이동성을 예측할 수 있다는 장점이 있다.

## 1. 서 론

셀룰러망에서 효과적으로 가용 대역폭을 사용하지 못하여 QoS (Quality of Service)가 낮아지고 전체 시스템의 성능이 저하되는 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 핸드오프의 성공 확률을 높이기 위해 이동하는 MH의 요구 대역폭을 미리 예약할 수 있도록 MH의 이동성을 예측하는 기법이 요구된다. 본 논문은 MH의 과거 이동 경로를 분석하여 MH의 과거 이동패턴 (mobility history)을 만들고, MH의 규칙적인 이동성을 예측하는 기법[1]을 제시한다. 또한 이동패턴의 저장 공간 효율을 높이기 위한 데이터 압축 기법도 제시한다. 임의적 패턴의 경우에는 GPS(Global Positioning System)를 통하여 얻어지는 MH의 이동 정보를 이용하여 이동성을 예측하는 기법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 셀룰러망에서 MH의 이동성 예측 기법에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제시하고자 하는 과거 이동패턴과 GPS를 이용한 이동성 예측 기법을 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

## 2. 관련 연구

셀룰러망에서 MH의 이동성을 예측하기 위한 연구는 크게 MH의 과거 이동패턴을 이용하는 기법[2]과 GPS를 이용하는 기법[3]으로 나눌 수 있다.

MH의 과거 이동패턴을 이용하는 기법은 MH의 이동성을 MC(Movement Circle)와 MT(Movement Track)으로 구성한다. 각 이동패턴들은 리스트로 연결된 셀 ID의 순서로 구성되며, 시작과 끝 셀은 MH가 일정시간 이상 머물렀던 셀이어야 한다. MC는 시작 셀과 끝 셀이 같은 패턴이고, MT는 시작 셀과 끝 셀이 서로 다른 패턴이다. 이 기법은 임의적인 이동패턴이 발생할 때마다 예측이 실패되는 문제점이 있다.

GPS를 이용하는 기법은 GPS를 통하여 주기적으로 MH의

현재 위치, 속도, 방향에 대한 정보를 얻어, 이를 이용하여 MH의 이동성을 예측한다. MH가 현재의 셀에서 정해진 속도 이상으로 한 셀을 향하여 이동하고 있다면, BS(Base Station)는 GPS를 통해 MH의 정보를 얻어와 이동성을 예측한다. GPS를 이용하는 기법에는 MH의 이동방향을 중심으로 일정한 각도범위에 따라 해당되는 모든 셀로 페이지징(paging)하는 기법[4]과 셀 중심과의 거리 임계값(distance threshold)을 이용하여 예측하는 기법[5]도 있다. 그러나 GPS를 이용하여 MH의 정보를 가져오는 주기가 긴 경우에는, MH의 이동속도가 매우 빠르거나 크기가 작은 마이크로 셀(micro cell)에서 MH가 이동하게 되면 GPS를 통해 이동정보를 얻어오기 전에 MH가 다른 셀로 이동하여 이동성 예측이 불가능해지는 상황이 발생할 수 있다.

## 3. 과거 이동패턴과 GPS를 이용한 이동성 예측

본 논문은 이동 컴퓨팅 환경에서 MH에게 원활한 서비스를 제공하기 위한 이동성 예측 기법을 제시한다. 이를 위하여 다음과 같은 요건을 가정한다.

▷ 전체 망은 육각 셀의 셀룰러망을 기반으로 한다.

▷ MH는 셀의 중심을 향하여 직선으로 이동한다.

위와 같은 가정 하에 MH의 이동성을 규칙적인 이동성과 임의적인 이동성으로 구분하여 전자는 과거 이동패턴을, 후자는 GPS 정보를 이용하여 예측한다.

### 3.1 과거 이동패턴을 이용한 규칙적 이동성의 예측

#### 3.1.1 이동패턴의 생성 및 유지

본 논문에서는 MH의 과거 이동패턴을 생성하기 위하여 전체 셀룰러망의 모든 셀에 고유한 번호(ID)를 할당하고, MH의 이동 경로에 해당하는 셀의 상태를 설정하고 저장한다. MH가 이동하면서 일정시간(t) 이상 한 셀에 머물러 있었다면,

SS(Stationary State : 정지 상태)로 설정한다. 반면, 일정시간 (t)보다 적게 머물러 있었다면, 다른 셀로 이동 중이라고 간주하여 TS(Transitional State : 이동 상태)로 설정한다.

과거 이동패턴을 저장하기 위하여 <표1>과 같은 MHT(Mobility History Table)을 이용하며, 각 필드의 역할은 다음과 같다.

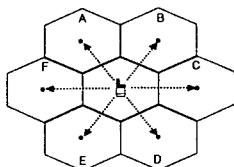
<표 1> MHT 필드

SS_ID	{ MD }	ES_ID	Count
-------	--------	-------	-------

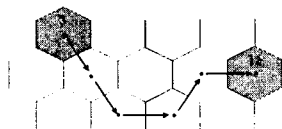
하나의 규칙적 패턴의 시작과 끝 셀은 모두 SS이어야 한다. 따라서, SS\_ID(Start State ID)는 규칙적 패턴의 시작 셀 ID를 나타내고, ES\_ID(End State ID)는 끝 셀 ID를 나타낸다. {MD} (Movement Direction)은 이동 패턴의 시작 셀에서 마지막 셀까지 MH가 이동하는 방향의 집합이다. 이동방향은 총 6가지(셀을 육각형으로 가정)이며 A~F로 표현된다. Count는 해당 패턴이 처음 발생하였을 때, 1로 설정되는 값으로 시간의 흐름에 따라 1씩 감소하고 0이 되기 전에 동일한 패턴으로 MH가 이동하였을 경우, 1씩 증가시킨다. 만약 0보다 작은 값을 갖게 되면 MHT에서 삭제된다.

3	{ D, D, C, B, C }	12	5
---	-------------------	----	---

예를 들어, (그림 1)과 같은 이동패턴은 (그림 2)와 같이 3번 셀을 시작으로 {D, D, C, B, C} 방향의 순서대로 이동하여 12번 셀에서 끝나는 규칙적 패턴을 의미한다. 또한, 일정 주기동안 위와 동일한 패턴이 5번 발생하였다면, Count 값이 5가 된다. 그 후, 위의 패턴이 발생할 때마다 1씩 증가되고, 발생하지 않는다면 1씩 감소된다. 만일 Count 값이 1씩 감소되어 결국 0이 되면, 이 패턴은 MHT에서 삭제된다.



(그림 1) 6가지 이동방향



(그림 2) 규칙적 이동패턴

과거 이동패턴을 생성하고 유지하기 위한 다음의 [알고리즘 1]은 MH의 과거 이동패턴을 생성하고 유지하는 알고리즘이다. MHT\_Creation()은 MH가 셀 내에서 머물러 있는 시간을 계산하여 그 값이 일정한 시간 T보다 크다면, 셀의 상태를 SS로 설정한 후, SS\_ID 필드가 비어있으면 Cell의 ID를 SS\_ID 필드에 저장하고, 그렇지 않다면 ES\_ID에 저장하여 하나의 규칙적 패턴을 생성한다. 또한 T보다 적은 시간동안 셀에 머물렀다면, MH는 다른 셀로 이동 중이라고 간주하여 Cell의 이동방향을 {MD}에 저장한다. 또한 Pattern\_maintain()은 MH가 동일한 패턴으로 이동할 경우에는 Count의 값을 1씩 증가시키고, 일정 주기동안 해당 MH가 이 패턴으로 이동하지 않으면 1씩 감소시켜 규칙적 패턴의 발생 빈도를 적용하여 MHT를 유지한다.

[알고리즘 1]을 통해 생성된 MHT를 이용하여 MH의 이동에

따른 MH의 규칙적 이동성을 예측할 수 있다. 어느 셀의 중심을 통과한 MH의 방향이 {MD}의 원소와 일치하였다면, 셀의 중심과 MH와의 거리 또는 MH의 속도와 상관없이 그 셀을 MH가 다음에 이동할 셀로 예측한다. 이와 같이 예측할 수 있는 이유는 MH가 규칙적 패턴 경로에 따라 이동할 경우, 그 MH는 과거에 이동하였던 경로와 동일하게 이동할 확률이 매우 높기 때문이다. 따라서 MH가 규칙적 패턴의 경로를 따라 이동할 경우에는 부가적으로 MH와 셀 중심 간의 거리 측정, MH의 속도 등의 계산이 요구되지 않는다. 따라서 GPS의 정보를 얻기 위해 기다릴 필요 없이 즉시 이동성을 예측할 수 있으므로 매우 빠르게 이동하는 MH, 혹은 셀의 크기가 작은 셀룰러망에서도 적용 가능하다.

[알고리즘 1] MHT 생성과 유지 알고리즘

```

MHT_creation() {
    /* MH enters into the cell */
    if (time staying the cell) >= T)
        if (SS_ID exists in MHT_index)
            insert Cell_ID to ES_ID
            initialize Count
        else insert Cell_ID to SS_ID
    else insert Cell's MD to {MD} (doubly linked list)
}
Pattern_maintain() {
    /* Cell_ID is inserted ES_ID */
    if (update time expiration)
        Count--
    else if (exist same pattern in MHT)
        Count++
    else MHT_Creation()
        Random_Prediction()
    if (Count <= 0)
        delete the pattern in MHT
}
    
```

3.1.2 MHT 데이터 압축 기법

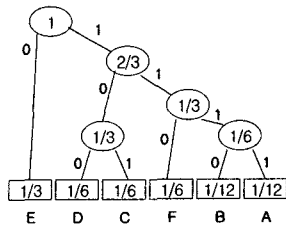
MHT는 텍스트 형태로 저장되며, 규칙적 이동패턴이 많이 발생한 경우 MHT 집합의 크기가 커질 수 있다. 따라서, MH의 제한적인 저장공간에 MHT를 효율적으로 저장하기 위한 텍스트 압축 기법이 필요하다.

MHT를 압축하기 위해 허프만 코드(Huffman Code) 알고리즘을 사용한다. 허프만 코드 알고리즘은 데이터의 출현 빈도수를 기반으로 하는 코드화 기법으로, 빈도가 높은 정보를 적은 비트 수를 사용하여 표현함으로써 정보를 저장하는데 필요한 비트의 양을 줄일 수 있다.

MHT에서 MH의 이동방향을 저장하기 위한 {MD} 필드 정보를 허프만 부호 알고리즘을 적용하여 저장한다. 하나의 셀을 육각형으로 가정할 경우, 이웃 셀로 이동 가능한 방향은 모두 6가지이므로, 모든 방향을 표현하기 위해서는 3 비트의 저장공간이 필요하다. MHT의 {MD} 필드를 분석하여 빈도가 높은 방향 정보는 짧은 길이의 코드로, 빈도가 낮은 방향 정보는 긴 길이의 코드로 할당하여 MHT의 크기를 줄일 수 있다.

{A,A,B,B,C,C,C,C,D,D,D,D,E,E,E,E,E,E,E,E,F,F,F,F}로 구성되

는 (MD) 필드에 허프만 부호 알고리즘을 적용하기 위한 예로써, 우선 각 방향의 기호에 대응하는 노드를 만든다. 그 다음에 아래의 그림처럼 각 노드들을 반복적으로 결합하며 코드(0과 1)를 할당한다.



(그림 3) 부호화 트리

<표 2> 이동방향 부호

방향	코드
E	0
D	100
C	101
F	110
B	1110
A	1111

위에서 주어진 (MD) 필드를 일반적인 방법으로 저장하려면 하나의 방향마다 3 비트씩의 저장공간이 필요하므로, 모두 72(24\*3)비트가 필요하다. 그러나, 허프만 부호 알고리즘을 적용시키면 60(8\*1+4\*3+4\*3+4\*3+2\*4+2\*4)비트만 필요하다. 따라서, 위의 예에서 두 가지 방법을 비교해보면 허프만 부호 알고리즘을 사용할 때, 약 20%의 저장 비용이 감소되는 것을 알 수 있다.

### 3.2 GPS 정보를 이용한 임의적 이동성의 예측

MH가 항상 과거에 이동하였던 경로를 따라 이동하는 것은 아니므로 규칙적 패턴 이외의 이동에 대해서도 이동성을 예측해야 한다. 본 논문에서는 이러한 임의적 이동성을 예측하기 위하여 GPS를 통하여 얻어오는 MH의 현재 위치, 속도, 방향 정보를 이용한다. 규칙적 패턴을 따라 이동하는 MH와 달리 임의적 패턴으로 이동하는 MH는 한 셀 내에서 방향을 바꿀 수 있으므로 미리 예측하는 것은 비효율적이다. 따라서 MH가 셀 중심으로부터 일정한 거리를 벗어났을 때만 GPS로부터 받은 MH의 정보를 이용하여 다음 셀을 예측한다. 이때 MH의 속도가 빠르다면, 거리 임계값을 작게 하여 보다 빠르게 이동성을 예측하고, 반대로 속도가 느리다면, 거리 임계값을 크게 하여 셀의 경계 근처에서 이동성을 예측한다. 거리 임계값을 동적으로 변경시키는 식은 다음과 같다.

$$Th_d = Th_i * \frac{S_i}{S_{mh}} \quad (식 2)$$

$Th_d$ 는 MH의 속도에 따라 동적으로 변하는 거리 임계값이고,  $Th_i$ 와  $S_i$ 는 해당 셀에서 초기에 기준이 되는 일정 속도에 대한 거리 임계값이다. 또한  $S_{mh}$ 는 MH의 이동 속도이다.  $Th_d$ 는 셀 반경( $r$ )보다 같거나 크지 않다 ( $0 < Th_d < r$ ). GPS 정보를 이용한 임의적 이동성 예측을 위한 알고리즘은 [알고리즘 2]와 같다.

[알고리즘 2]를 이용하여 셀의 중심으로부터 MH까지의 거리 ( $MH_d$ )가 거리 임계값( $Th_d$ )보다 큰 MH의 이동성을 예측할 수 있다. 즉, 셀의 중심을 통과하여 거리 임계값만큼 떨어진 MH의 GPS를 정보를 이용하여 다음 셀을 예측한다. 또한 거리 임계값 범위 밖에서 이동하지만 일정 시간( $T_n$ ) 이상 다른 셀로

이동하지 않는 MH에 대해서는 이동성을 예측하지 않는다. 그 이유는 임계값 범위 밖에 있으면서 다른 셀로 이동하지 않는다면, 이동성을 예측할 때마다 예측 실패가 발생하기 때문이다.

[알고리즘 2] GPS를 이용한 임의적 이동성 예측

```

Random_Prediction() {
/* Calculate  $Th_d$  */
 $Th_d = Th_i * (S_i / S_{mh})$ 
/* if MH moves through random pattern */
if ( $MH_d > Th_d$ )
    if (time staying the cell  $\geq T_n$ )
        Don't predict next cell using GPS
    else Predict next cell using GPS
}
    
```

### 4. 결론

본 논문에서는 셀룰러망에서 사용자에게 원활한 서비스를 제공하기 위한 MH의 이동성 예측 기법을 제시하였다. 규칙적인 패턴으로 이동하는 MH의 경우에는 과거에 이동 경로를 기반으로 생성한 과거 이동정보를 이용하여 즉시 다음 셀을 예측함으로써 속도가 빠른 MH나 크기가 작은 셀룰러 환경에서도 적용 가능한 장점이 있다. 거리 임계값 밖에서 임의적인 패턴으로 이동하는 MH의 경우에는 GPS의 정보를 사용하여 이동할 다음 셀을 예측한다.

향후 연구 과제는 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제시한 기법의 타당성과 효율성을 검증, 보완하는 것이다. 또한 제시한 기법의 예측 실패시 고려해야 할 점도 생각해보아야 한다.

### 참고문헌

- [1] Fei Yu, Victor C. M. Leung, "Mobility-based predictive call admission control and bandwidth reservation in wireless cellular networks," *IEEE INFOCOM*, Vol.1, pp.518-526, 2001.
- [2] George Liu, Gerald Maguire, "A class of mobile motion prediction algorithms for wireless mobile computing and communication," *Mobile Networks and Applications*, Vol.1, Issue.2, pp.113-121, October 1996.
- [3] Ming-Hsing Chiu, Bassiouni M.A., "Predictive schemes for handoff prioritization in cellular networks based on mobile positioning," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.18, Issue.3, pp.510-522, March 2000.
- [4] Bo-Kyung Lee, Chong-Sun Hwang, "A predictive paging scheme based on the movement direction of a mobile host," *IEEE Vehicular Technology Conference 50th*, Vol.4, pp.2158-2162, Fall 1999.
- [5] Ming-Hsing Chiu, Mostafa Bassiouni, "Predictive channel reservation for mobile cellular networks based on GPS measurements," *IEEE International Conference on Personal Wireless Communication*, pp.441-445, 1999.