

셀룰러망에서 과거 이동패턴과 GPS를 이용한 이동호스트의 이동성 예측 기법

권오승⁰ 김명일 김성조
중앙대학교 컴퓨터공학과
{oskwon⁰, nicemi, sjkim}@konan.cse.cau.ac.kr

Mobility Prediction Scheme for Mobile Host using Mobility-History and GPS in Wireless Cellular Networks

Ou-Seung Kwon⁰ Myung-Il Kim Sung-Jo Kim
Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University

요약

이동 컴퓨팅 환경에서는 무선 단말기 사용자의 이동에 따른 접속 단절 현상이 발생할 수 있다. 이러한 이동 컴퓨팅 환경에서 끊임없는 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 이동 경로를 분석하며 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. 서론

셀룰러망(cellular network)에서 MH(Mobile Host)는 셀과 셀 사이를 이동하면서 정보를 처리하고, 무선망을 통하여 유선망에 접속하여 원하는 정보를 얻을 수 있다. 현재 무선망의 컴퓨터 시스템에서 처리되는 정보는 문자, 숫자와 같은 단순 데이터부터 오디오(audio), 비디오(video) 등을 포함하는 멀티미디어 데이터에 이르기까지 매우 다양하다. 따라서, 이동 컴퓨팅 시스템은 MH가 고속으로 이동할지라도 단절현상 없이 서비스할 수 있어야 한다.

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 임의적 패턴의 경우에는 GPS(Global Positioning System)를 통하여 얻어지는 MH의 이동 정보를 이용하여 이동성을 예측하는 기법을 제시한다.

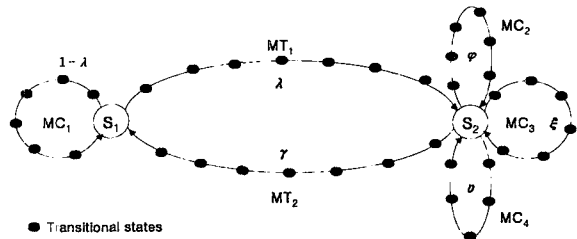
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 셀룰러망에서 MH의 이동성 예측 기법에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제시하고자 하는 과거 이동패턴과 GPS를 이용한 이동성 예측 기법을 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

2. 관련 연구

셀룰러망에서 MH에게 끊임없는 핸드오프를 제공하기 위해서는 MH의 이동성을 예측하는 기법이 필요하다. 셀룰러망에서 MH의 이동성을 예측하기 위한 연구는 크게 MH의 과거 이동

패턴을 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 구성하는 규칙적인 부분과 마코프 체인(Markov Chain)을 이용하여 예측하는 임의적인 부분으로 분류한다. 각 이동패턴들은 리스트로 연결된 셀 ID의 순서로 구성되며, 시작과 끝 셀은 MH가 일정 시간 이상 머물렀던 셀이어야 한다. MC는 시작 셀과 끝 셀이 같은 패턴이고, MT는 시작 셀과 끝 셀이 서로 다른 패턴이다.



(그림 1) MH의 이동 패턴 분석 (MC/MT 모델)

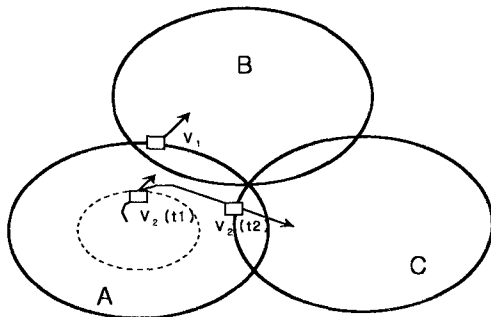
규칙적인 부분은 (그림 1)과 같이 MC와 MT의 조합으로 구성되고, 각각의 패턴이 발생할 확률을 계산하여 MH의 이동성을 예측한다. 즉, S_1 상태에서 MT_1 을 따라 S_2 상태로 이동할 확률이 λ 라면, S_1 상태에서 MC_1 을 따라 이동할 확률은 $1-\lambda$ 가 된다. 또한 MC_2 , MC_3 와 MC_4 를 따라 이동할 확률이 각각 ϕ , ξ 와 ν 라면, S_2 상태에서 S_1 상태로 MH가 이동할 확률은 (식 1)과 같다.

$$\gamma = 1 - (\phi + \xi + \nu) \quad (\text{식 1})$$

MH의 과거 이동패턴을 이용하는 기법에서 임의적인 이동패턴이 발생한 경우에는 측정된 경험적인 통계를 사용하여 이동

성을 예측한다. 하나의 셀에서 MH가 망 전체의 모든 셀에 대하여 이동할 확률을 마코프 체인의 특성을 이용하여 미리 계산해놓고, 규칙적 패턴과 다른 이동성이 나타나면 이 확률을 적용시켜 예측하게 된다. 그러나 미리 계산된 확률이 정확하지 못하다면 임의적인 이동성이 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 페이징(paging)하는 기법[4]과 셀 중심과의 거리 임계값(distance threshold)을 이용하여 예측하는 기법[5]도 있다.



(그림 2) 거리 임계값을 이용한 이동성 예측

(그림 2)는 거리 임계값을 이용하여 임의적인 이동성을 예측하는 기법으로써, 시간 t_1 에서 V_2 가 A 셀에서 점선 범위 안에서 이동할 경우, GPS로부터 얻어지는 정보는 무시되고 이동성은 예측되지 않는다. 시간 t_2 에서 V_2 처럼 MH가 셀의 중심로부터 거리 임계값을 넘어서게 되면 MH의 속도와 방향을 이용하여 이동성을 예측한다. 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 기본적인 셀룰러망을 기반으로 한다.
- ▷ MH는 셀의 중심을 향하여 직선으로 이동한다.
- ▷ 이동 중인 MH의 속도 변화는 없다.

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

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. 또한 이동 경로를 표시하기 위하여 TS 간에는 양방향 이동성을 고려하여 내부적으로 이중 링크드 리스트(doubly linked list)로 저장한다.

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

<표 1> MHT 필드

SS_ID	TS_ID	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. TS_ID(Transitional State ID)는 MH가 이동한 셀의 경로가 이중 링크드 리스트로 저장되어 있는 필드이다. Count는 해당 패턴이 처음 발생하였을 때 1로 설정되는 값으로 시간이 흐름에 따라 1씩 감소하고 0이 되기 전에 동일한 패턴으로 MH가 이동하였을 경우, 1씩 증가시킨다. 만약 0보다 작은 값을 갖게 되면 MHT에서 삭제된다.

3	1 ↔ 2 ↔ 5 ↔ 4 ↔ 8	7	6
---	-------------------	---	---

예를 들어 어떤 MH의 이동패턴 중 하나가 위와 같고 일정 주기동안 위와 동일한 패턴이 6번 발생하였다면, Count 값이 6이 된다. 그 후, 위의 패턴이 발생할 때마다 1씩 증가되고, 발생하지 않는다면 1씩 감소된다. Count 값이 1씩 감소되어 결국 0이 되면 위의 패턴은 MHT에서 삭제된다.

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, 이 MH는 다른 셀로 이동 중이라고 간주하여 Cell의 ID를 TS_ID에 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 TS_ID에 저장되어 있는 셀의 ID와

일치한다면, 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 중심간의 거리 측정, MH의 속도 등의 계산이 요구되지 않는다. 따라서 GPS의 정보를 얻기 위해 기다릴 필요없이 즉시 이동성을 예측할 수 있으므로 매우 빠르게 이동하는 MH, 혹은 셀의 크기가 작은 셀룰러망에서도 적용 가능하다.

[알고리즘 1] HT 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_ID to TS_ID (doubly linked list)
}
Pattern_maintain() {
    /* Cell_ID is inserted ES_ID */
    if (exist same pattern in MHT)
        Count++
    else
        if (update time expiration)
            Count--
        if (Count < 0)
            delete the pattern in MHT
}
    
```

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 효율적이지 못하다. 따라서 MH가 셀 중심으로부터 일정한 거리를 벗어났을 때만 GPS로부터 받은 MH의 정보를 이용하여 다음 셀을 예측한다. 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(Tn) 이상 다른 셀로 이동하지 않는 MH에 대해서는 이동성을 예측하지 않는다. 그 이유는 임계값 범위 밖에 있으면서 다른 셀로 이동하지 않는다

면, 이동성을 예측할 때마다 예측 실패가 발생하기 때문이다.

[알고리즘 2] GPS를 이용한 임의적 이동성 예측

```

Random_Prediction() {
    /* if MH moves through random pattern */
    if ( $MH_d > Th_d$ )
        if (time staying the cell >=  $Tn$ )
            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 과제로는 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제시한 기법의 타당성과 효율성을 검증하고, 보완하는 것이다. 또한 임의적 패턴으로 이동하는 MH의 이동성을 보다 정확하게 예측하기 위하여 MH의 속도 변화에 따라 거리 임계값을 변화시키는 방법도 고려해야 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.