

셀룰러 시스템에서 이동 속도와 호 도착률을 이용한 효율적인 위치 관리 전략*

송 의 성^o, 길 준 민, 박 찬 열, 양 권 우, 황 중 선
고려대학교 컴퓨터학과 분산시스템연구실

An Effective Location Management Strategy using Moving Velocity and Call Arrival Rate in Cellular Systems

U. Sung Song^o, Joon Min Gil, Chan Yeol Park, Kwon Woo Yang, Chong Sun Hwang
Distributed Systems Lab., Dept. of Computer Science and Engineering, Korea Univ.

요 약

셀룰러 시스템에서 이동국의 위치관리는 중요한 문제이다. 이동국의 위치관리를 위해 셀룰러 시스템은 기본적으로 위치 갱신과 페이징 기법을 사용한다. 이 논문에서는 갱신 비용과 페이징 비용의 증가에 영향을 미치는 여러 인자 중 이동국의 속도와 호 도착률을 이용하여 이동국의 위치관리 비용을 최소화시키는 방법을 제안하였으며 성능을 분석하였다. 제안하는 방식은 이동국의 속도와 호 도착률을 사용하여 위치 갱신의 여부를 판별함으로써 위치 갱신의 횟수를 줄일 수 있을 뿐 아니라 진동 효과의 완화를 기대할 수 있다.

1. 서론

이동 통신에서 이동국의 위치는 들어오는 호(incoming call)에 대해서 올바른 경로 설정을 하기 위해 알려주어야만 한다. 셀룰러 시스템은 지리적인 영역을 많은 셀들로 나누고 여러 셀들을 묶어 위치 영역(location area)들을 구성한다. 이러한 구성 하에서 이동국의 위치는 보통 페이징(paging)과 위치 갱신(location update)을 혼합하여 얻어진다. 이동국의 위치를 찾기 위한 넓은 영역에 대한 페이징은 한정된 주파수 대역폭의 많은 사용으로 시스템에 큰 부담을 줄 수 있고 반대로 잦은 위치 갱신 요청은 시스템이 이동국을 찾기 위한 페이징 영역을 감소시킬 수 있으나 갱신 횟수의 증가에 의해서 채널의 병목 현상, 위치 갱신 비용의 증가 등의 문제점을 일으킨다. 따라서, 페이징과 위치 갱신 비용에 대한 이러한 역할수 관계는 페이징과 위치 갱신 비용을 최소화하기 위한 최적화 문제로 귀결된다[1]

이동국은 새로운 위치 영역으로 진입할 때마다 그 영역에 위치 등록을 하며, 다른 사용자에 의해서 호출이 들어 왔을 때는 등록되어 있는 위치 영역만을 페이징 함으로서 피호출 이동국을 찾는 기존의 기법[2]에서는 이동국의 이동속도와 같은 각 개인 사용자의 이동성과 사용자가 진입한 새로운 위치 영역에 대한 호 도착률과 같은 호 도착 패턴이 고려되지 않았다. 이동국이 새로운 위치 영역에 진입했을 때 짧은 시간동안의 이동국 상주와 낮은 호 도착률을 가지는 경우에는 위치 갱신을 생략하고, 반면에 긴 시간동안의 이동국 상주와 높은 호 도착률을 가지는 경우는 새로 진입한 위치 영역에 대한 갱신을 해 주는 것이 바람직하다. 따라서, 사용자가 새로운 위치 영역에 진입했을 때 위치 영역에 대한 사용자의 상주시간과 호 도착률은 효율적인 위치 갱신 전략을 제공할 수 있다. 그러나, 이동국의 상주시간

을 알다는 것은 사실 불가능에 가깝다. 왜냐하면 이동국이 그 셀에 어느 정도의 시간동안 머물 것인가는 미래의 일을 예측하는 것이기 때문이다. 이 논문에서는 [3]의 이동성 모델들 중 이동국의 속도와 방향이 위치 영역의 경계를 지나갈 때마다 독립적이며 무작위로 변하는 모델을 사용하여 이동국이 새로운 위치 영역에 진입했을 때의 속도와 그 위치 영역에 대한 호 도착률을 가지고서 위치 갱신 여부를 결정하는 위치 관리 전략을 제안한다. 이 논문의 구성은 다음과 같다: 2장에서 시스템 모델을 제시하고 3장에서 이 논문이 제시하는 위치 관리 전략을 기술한다. 4장에서 성능 평가를 하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 시스템 모델

이 논문에서는 다음과 같은 시스템 모델을 가정한다. 모든 영역은 셀 단위로 분할되어져 있고 하나의 셀은 6각형의 형태를 취하는 것으로 가정한다. 또한 하나의 위치 영역은 여러 셀의 집합으로 구성되어져 있는 것으로 가정한다. 이동국은 새로운 위치 영역에 진입할 때 [4]에서의 방법을 사용하여 진입속도를 측정할 수 있다고 가정한다. 그리고 위치 영역으로 진입한 후의 이동국은 진입할 당시의 속도를 유지하는 것으로 가정한다.

3. 제안하는 전략

3.1 갱신 전략

일반적인 셀룰러 시스템은 N개의 셀을 가지고 있고 위치 영역당 k개의 셀을 가지고 있는 위치 영역들로 분할되어진다. 기존의 방법 [1,2,5]에서 이동국은 새로운 위치 영역에 진입할 때마다 위치 갱신을 수행한다. 그후에 이동국을 찾기 위한 호가 들어왔을 때 시스템은

* 이 논문은 1997년도 정보통신부 연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음

이동국이 현재 등록되어져 있는 위치 영역에 페이징을 수행한다. 호 신호를 수신한 이동국은 통신 요청에 응답하고, 통신할 준비를 한다. 이 논문에서 제안하는 방법은 이동국이 새로운 위치 영역에 진입할 때 자신의 현재 진입속도로부터 새로운 위치 영역에 대한 평균 상주 시간을 예측하며, 예측된 평균 상주 시간을 그 위치 영역의 호 도착률과 곱해서 예상 호 도착 횟수를 유도한다. 예측된 호 도착 횟수가 임계값을 넘는다면 그 위치에 대해 갱신을 수행하고 만약 임계값 미만 이 된다면 갱신을 하지 않는다. 이를 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 아래의 그림 1에서처럼 원 안의 7개의 셀을 하나의 위치 영역으로 정하고, 7개의 셀을 관할하는 가장 작은 반경 R을 위치 영역의 반경으로 하자. 측정된 이동국의 현재 진입 속도를 v 라고 가정할 때, 아래 그림 1에서 알 수 있는 것처럼, 진입 후 θ 의 각도로 이동하는

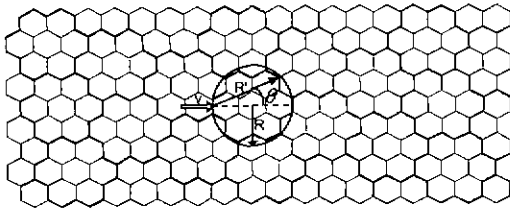


그림 1. 예상 평균상주 시간 계산

위치 영역 내에서의 이동국의 이동거리 R' 은 $R' = 2R \cos \theta$ 가 되고, 이 값을 진입 속도 v 로 나누어주면 R'/v 는 진입각이 θ 일 때의 이동국의 상주시간이 된다. $[-\pi/2, \pi/2]$ 사이의 θ 를 n 등분하였을 때 예상 평균상주 시간은

$$\sum_{k=0}^{n-1} 2R \cos(k \pi/n - \pi/2) / nv \quad (1)$$

이다.

$n \rightarrow \infty$ 이면, $[-\pi/2, \pi/2]$ 사이의 θ 에 대해서 예상 평균상주시간은 다음과 같이 추정된다:

$$ERT = 4R / v \pi \quad (2)$$

예를 들어, 만약 이동국이 10km/h의 속도로 A라는 위치 영역에서 B라는 위치 영역으로 이동하고 이 이동국에 대한 B 위치 영역에서의 호 도착률은 3회/h라고 하자. 이동국은 새로운 위치 영역에 들어갈 때 그곳의 기지국으로부터 보내지는 위도 및 경도 정보로부터 자신의 속도를 추정하게 된다[4]. 만약 (2)식에 의해 계산되어진 예상 평균상주시간이 1/2h이라고 가정하면 이동국은 계산된 평균 상주시간 1/2h와 위치 영역에 대한 호 도착률 3회/h를 서로 곱하여 예상 호 도착 횟수 1.5회(3회/h * 1/2h)를 얻게 된다. 만약 임계값이 1회로 설정되어 있었다면 예상되는 상주시간동안에 1.5회의 호 도착이 예상되므로 이동국은 위치 갱신을 하게 된다

앞서 기술한 위치 갱신 전략에 대한 알고리즘은 그림 2와 같다. 그림 2에서 인접 위치 영역(adjacent LA)은 이동국이 진입한 위치 영역에 이웃한 위치 영역으로 그림 3에서 위치 영역 A에 대한 인접 위치 영역은 B, C, D, E, F, G가 된다. 이동국은 최초로 작동하기 시작하였을 때 위치 갱신을 요구한다. 이동국으로부터 위치 갱신 요구가 있을 때마다 시스템은 이동국이 자신의 인접 위치 영역들을 식별할 수 있도록 인접 위치 영역들에 관한 색인 정보와 그 영역들 각각에 대한 호 도착률, 방문 횟수를 이동국에게 알려준다. 이동국은 위치 영역에 진입할 때마다 그 위치 영역에 대한 방문 횟수를 증가시

키고 위치 영역의 진입 시간을 측정하며 이 위치 영역을 벗어날 때 그 시간을 측정하여 실제 상주시간을 계산한다. 이동국은 방문 횟수와 상주시간을 저장하여 두었다가 위치 갱신을 할 때 시스템에게 알려주어 시스템에 저장된 호 도착률을 갱신할 수 있도록 한다.

```

if (New LA number ∈ set of adjacent LA number)
then MH's Speed estimation,
  Computation of Expectation time
  to resident of MH for this LA,
  if ( Expectation time to resident of MH for this LA
    * Call Arrival Rate for this LA >= threshold )
  then { New LA visit number ++ ;
        update; }
else if (New LA number != Last update LA number)
then { New LA visit number ++;
      update; }
    
```

그림 2. 새로운 위치 영역(LA)에 진입시 이동국(MH)의 처리과정

3.2 위치 갱신과 페이징에 대한 비용 계산

그림 3에서 이동국이 위치 영역 A에서 위치 갱신을 한 후에 위치 영역 D를 경유하여 위치 영역 H로 이동하였을 때 기존의 방법에서는 D와 H에서 위치 갱신을 하게 되므로 두 번의 위치 갱신이 수행된다.

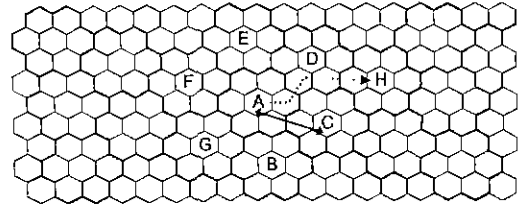


그림 3. 위치영역의 구성과 이동국의 이동 예

이 논문에서 제안하는 기법에서는 A에 있던 이동국이 D로 이동시, D로 진입하였을 때의 진입 속도와 D에 대한 이동국의 호 도착률에 의해서 계산된 값이 임계값보다 작을 경우는 위치 갱신을 생략하고 큰 경우에는 갱신을 수행한다. 만약 D에서 위치 갱신을 하지 않고 H에 진입시 H는 A의 인접 위치 영역이 아니므로 위치 갱신이 수행된다. 그러므로, 그림 3의 예를 통해서 기존의 방법보다 1회 적은 갱신을 수행한다. 이동국이 D에서 위치 갱신을 한 경우에는 이동국이 H로 진입시 H는 D의 인접 위치 영역이므로 H에 진입할 시의 속도와 H에 대한 이동국의 호 도착률에 의해서 위치 갱신 여부를 결정하게 된다. 기존의 방법과 비교할 때 이 경우에 대해서는 위치 갱신 횟수가 감소하거나 최소한 같게 된다. 또한, 제안한 기법은 진동(Ping-Pong) 효과로 인한 부작용을 감소시킬 수 있다. 이동국이 A와 C 경계 사이를 계속 왕래하는 경우 기존 방법에서는 위치 영역이 전환될 때마다 위치 갱신을 하게 되어 갱신의 횟수가 폭발적으로 증가한다. 그러나, 이 논문에서 제안한 방법에서는 이동국이 A영역과 C영역을 여러 번 왕래할 때 위치 영역으로의 진입 속도와 진입하는 위치 영역에 대한 호 도착률에 의해 위치 갱신 여부를 결정하므로 기존 방법보다 적은 횟수의 위치 갱신이 가능하게 된다. 예를 들어, 이동국이 A에서 위치 갱신을 한 후 C 위치 영역으로 이동하였다가 다시 A영역으로 진입하였을 경우 기존 방법에서는 두 번의 위치 갱신을 하지만 제안한 기법에서는 C에서 계산된 예상 호 도착 횟수가 임계값을 넘지 않는다면 C에서의 위치 갱신을 생략하게 되며 다시 A로 되돌아가게 되었을 때는 마지막으로 위치 갱신한 위치 영역과

되돌아온 위치 영역이 서로 간기 때문에 위치 갱신을 생략하게 되어 위치 갱신을 한번도 하지 않게 된다 하지만 이동국이 마지막 위치 갱신 이후로 예상 호 도착 횟수가 임계값 미만인 인접한 여러 위치 영역을 이동하여 위치 갱신을 하지 않은 상태에서 예상치 못한 호 도착이 발생할 수 있다 이때는 페이지링을 통해 이동국을 찾게 된다 이 상황에서 문제가 되는 것은 그 동안 위치 갱신을 생략함으로써 얻게 되는 이익 비용과 페이지링을 통해 이동국의 위치를 탐색함으로써 발생하는 비용 중 위치 갱신을 생략함으로써 얻게 되는 이익이 페이지링을 할 때 드는 비용보다 항상 더 큰 값을 가지도록 하는 것이다. 아래에서 이러한 문제를 해결하기 위한 방법을 설명한다.

하나의 위치 영역에 인접한 위치 영역의 수가 6개이고 이동국이 특정 위치 영역에서 마지막으로 위치 갱신을 한 후에 n 만큼 떨어진 위치 영역으로 이동하였을 때 시스템이 이 이동국의 위치를 탐색하기 위해 필요한 페이지링 해야 할 위치 영역 수는 $3n^2 + 3n + 1$ 이다. 또한, 이동국이 현재의 위치에서 n 만큼 떨어진 위치 영역에 도달했을 때, 기존의 방법에서 필요한 최소의 위치 갱신 횟수는 n 이다. 예를 들어, 그림 3에서 이동국이 A에서 마지막으로 위치 갱신을 한 후 H 까지 이동한다고 할 때, n 의 값과 최소 위치 갱신의 횟수는 2이고, A에서 H에 있는 이동국을 탐색하기 위해 페이지링 해야 할 위치 영역의 수는 19가 된다 C_p 는 하나의 위치 영역에 소요되는 페이지링 비용이고, C_m 를 이동국이 한번 위치 갱신하는데 소요되는 갱신 비용으로 나타내기로 하자 그러면, n 만큼 떨어진 위치 영역까지를 페이지링 하는 데 소요되는 최대 비용은 $(3n^2 + 3n + 1) \cdot C_p$ 가 되며, 최소의 위치 갱신 비용은 $n \cdot C_m$ 가 된다. 이때, $(3n^2 + 3n + 1) \cdot C_p \geq n \cdot C_m$ 를 만족하는 최소의 n 을 구할 수 있다. 구해진 n 은 이동국이 위치 갱신을 n 번 생략함으로써 얻을 수 있는 이익보다 n 만큼 떨어진 위치 영역까지를 페이지링 하여 찾는데 소요되는 비용이 더 큰 경우를 나타내는 최소의 값이 된다. 그러므로, 위치 갱신을 생략함으로써 얻게되는 이익 비용이 페이지링을 통해 이동국의 위치를 탐색함으로써 발생하는 소요 비용보다 항상 크도록 하려면, 이동국이 특정 위치 영역에서 마지막으로 위치 갱신을 하고 난 후 위치 갱신 없이 어떤 위치 영역을 n 번째로 진입하였을 때마다 위치 갱신을 하면 된다.

4. 성능 평가

이 논문에서 제안하는 위치관리 전략의 유용성을 보이기 위해서 이 논문에서는 이동국이 인접 위치 영역 위주로 이동하는 경우와 원거리 위치 영역 위주로 이동하는 경우에 대한 시뮬레이션이 수행되었다. 시뮬레이션을 위해서 위치 영역의 반경을 15km, 위치 갱신 여부에 사용되는 임계값을 3회, 각 위치 영역들에 대한 호 도착률의 전체 평균을 1.5회/h, 이동국을 찾는 호가 평균 0.3회/h 발생하도록 가정하였다. 그림 4와 그림 5는 각각 이동국의 속도가 10km/h 일 때 C_m/C_p 의 변화에 대한 평균 위치관리 비용과 $C_m/C_p=10$ 일 때 이동국의 속도 변화에 대한 평균 위치관리 비용을 보여준다 아울러 성능 비교를 위해서 기존의 방법에 대해서도 위에서 설명한 가정 하에 시뮬레이션이 수행되었다. 그림 4는 이동국이 인접한 위치 영역을 주로 이동할 때 C_p 에 대한 C_m 의 비율이 증가할수록 제안한 방법이 기존의 방법보다 더 적은 비용을 소모함을 보여준다. 또한, 그림 5는 이동국의 속도가 빨라수록 제안한 방법이 기존 방법보다 더 적은 비용을 소모함을 보여준다. 지연관계상 이 논문에서는 생략되었지만 임계값, 평균 호 도착률, 평균 호 발생률들을 변화시키는 여러 가지 시뮬레이션 결과는 빠른 속도를 갖는 이동국이 낮은 호 도착률을 가지는 위치 영역으로 자주 이동할수록 제안한 방법이 기존 방법보다 매우 효과적임을 보여준다. 또한, 빠른 속도를 갖는 이동국이 높은 호 도착률을 가지는 위치 영역들로 이동하는 경우와 느린 속도를 갖는 이동

국이 낮은 호 도착률을 가지는 위치 영역들로 이동하는 경우에는 임계값과 호 발생률이 비용 결정에 중요한 인자로 작용하는 것을 알 수 있었다 호 발생률이 낮은 경우에는 임계값을 높여 줌으로써 위치 갱신의 횟수를 감소시킬 수 있기 때문에 비용 감소에 유리하다. 반면, 호 발생률이 높은 경우에 높은 임계값을 주는 것은 이동국이 위치 갱신을 하지 않은 위치 영역에서의 호 발생을 증가시켜 기존 방법보다 더 많은 비용을 발생시킴을 알 수 있었다

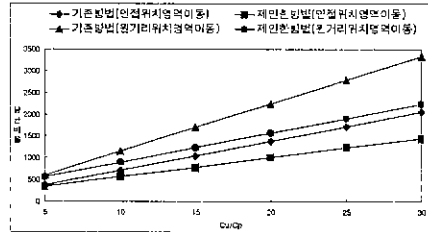


그림 4. C_m/C_p 변화에 대한 평균 비용

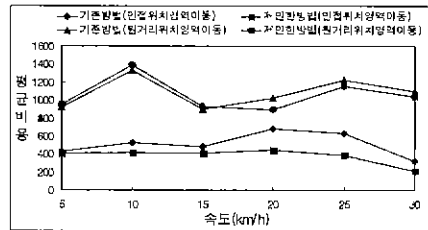


그림 5 속도 변화에 대한 평균 비용

5. 결론

이 논문에서는 이동국이 위치 영역에 진입할 때의 속도의 진입한 위치 영역에 대한 호 도착률을 이용하여 위치 갱신 여부를 결정하는 알고리즘을 제안하였다. 이러한 방법을 사용함으로써 기존의 방법에 비해 위치 갱신의 횟수를 줄일 수 있을 뿐 아니라 진동 효과의 완화를 기대할 수 있다

참고 문헌

[1] C. Rose and R. Yates, "Minimization of Paging and Registration Costs Through Registration Deadlines," *Proc. of IEEE VTC '95*, pp 735-739, 1995.
 [2] D. Plassmann, "Location management strategies for mobile cellular networks of 3rd generation," *IEEE VTC '94*, pp 649-653, 1994.
 [3] H Xie and J Goodman, "Mobility Models and Biased Sampling Problem", *IEEE 1993 International Conference on Universal Personal communications*, pp.803-807, 1993.
 [4] 김태규, 조동호, "개인통신시스템의 이동관리를 효율화하기 위한 단말 이동특성 적용 영역관리 메카니즘," 한국정보과학회논문지(A) 제24권 제11호, pp.1180-1190, 1997.
 [5] S.K. Das and S.K. Sen, "A New Location Update Strategy for Cellular Networks and its Implementation using Genetic Algorithm," *Proc. of ACM/IEEE Third Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, pp.185-194, 1997.