

개인 이동 통신 상에서 가상 계층을 이용한 위치 갱신 트래픽의 감소

Reduction of Location Update Traffic Using Virtual Layer in PCS

정대우*, 추현승*, 윤희용*, 박경린**

Daewoo Chung, Hyunseung Choo, Hee Yong Youn, and Gyung-Leen Park

Abstract

In mobile wireless network efficient location management for tracking and finding mobile users is a critical issue. The traffic for location update can be excessive, especially at the base stations that are near to the location area (LA) boundaries. In this paper we propose a new location update scheme which can significantly reduce the signaling traffic for location update. It is based on the virtual layer approach employing SubMSCs. The virtual layer is laid upon the original layer of LAs such that the mobile terminals moving around the boundary cells of adjacent LAs become to move within a virtual LA. As a result, the location update traffic is substantially reduced compared to overlapping scheme which is the most recent and efficient location update scheme.

* 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

** 제주대학교 자연과학대학 전산통계학과

1. 서론

최근 몇 년간 이동 통신은 상당히 대중적이 되었으며 유선네트워크상의 서비스에 익숙한 사용자들이 무선 이동 통신상에서도 같은 서비스 질을 원하고 있다. 무선 이동 통신에서 중요한 쟁점중의 하나는 움직이는 터미널들을 어떻게 다룰 것인가 하는 문제이다. 이동성은 접속점의 변화를 의미하며, 무선 네트워크는 호 설정 경로를 정해주기 위해 움직이는 터미널들의 위치를 파악할 수 있어야 한다. 위치 관리는 모바일 터미널의 탐색과 추적에 관계된다. 모바일 터미널들의 위치정보를 유지하기 위한 기법들은 많은 논문[1~3]에서 제안되어 왔으며 위치 관리를 위한 표준에는 IS-41과 GSM이 있다.

모바일 터미널들의 위치를 추적 파악하는 위치관리는 개인 이동통신 시스템 환경에서 광대역 로밍을 위한 중요한 역할을 수행한다. 여기에는 두 가지의 중요한 작업인 위치 갱신과 페이징이 포함된다. 터미널은 새로운 LA로 들어가면 네트워크에 현재의 위치 정보를 보냄으로써 위치정보의 갱신을 수행한다. 이 과정을 위치 갱신(Location Update)이라 한다. 여기서 말하는 LA는 모바일 스위칭 센터(Mobile Switching Center)에 의해 관리되는 클러스터된 셀의 서비스 지역이다. 호가 도착했을 때 MSC는 자신의 지역 내에 있는 모든 셀에 페이징 신호를 보냄으로써 터미널의 위치를 알 수 있으며, 터미널이 페이징 신호에 응답을 하면 네트워크는 터미널과 연결을 시작한다. 이 과정을 페이징(paging)이라 한다.

위치 갱신과 페이징에서 가장 큰 문제는, LA의 경계 지역에 위치하는 기지국의 위치 갱신과 페이징을 위한 트래픽이 과부하 된다는 것이다. 우리는 여기서 위치 갱신에 초점을 맞출 것이다. 왜냐하면 LA의 경계 셀에서 페이징 위한 트래픽보다 위치 갱신을 위한 시그널링 신호 트래픽이 더 중요하기 때문이다. 위치 갱신으로 인한 과도한 트래픽의 문제를

해결하기 위해 많은 위치 갱신 기술들이 제안되어 왔다. 예를 들어 각 셀마다/미리 정해진 셀로 이동할 때마다의 위치 갱신 기법[4,5]/그룹화된 영역[6]마다 그리고 거리/이동성/시간에 기본을 둔 동적 갱신 기법[7], 순방향 포인트 기법[3,4], 오버랩 기법[8,9] 등의 갱신기법이 제안되었다. 이러한 기술 중에서 최근 제안된 오버랩 기법은 중요하게 다루어졌지만 실제상황 즉 모바일 터미널들이 두 인접 LA들간에 반복적으로 왔다 갔다 할 경우 빈번한 위치 갱신을 유발한다. 하지만 이전에 오버랩되지 않은 다른 기술에 비교해보면 오버랩 기법은 위치 갱신 신호 트래픽을 줄일 수 있다.

이 논문에서 우리는 위치 갱신을 위한 시그널링 트래픽을 보다 줄일 수 있는 새로운 위치 갱신 기법을 제안한다. 이 기법은 SubMSC를 이용하여 가상 계층을 기반으로 한다. 가상 계층은 SubMSC들에 의해 관리되어지는 가상의 LA들로 구성된다. 가상 LA들의 계층은 각기 원래의 LA가 3개의 가상 LA들에 의해 커버 되는 것과 같이 LA들의 원래 계층상에 놓이게 된다. 그 결과 모바일 터미널들의 이웃 LA의 경계 셀로의 이동은 가상 LA의 안에서의 이동이 되는 것이다. 이것은 필요하지 않은 위치 갱신을 제거함으로써, 효과적으로 네트워크 자원을 줄일 수 있게 된다. 또한 기존의 모형에서 몇몇의 한정된 셀에 집중된 시그널링 트래픽을 제안된 기법에서는 여러 개의 셀로 분산되게 된다. 이 기술은 위치 갱신 트래픽을 가장 최근에 효율적인 기법인 오버랩 기술 [8]보다 훨씬 줄일 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 개인 이동 통신의 네트워크 구조와 지금까지의 위치 관리 기법, 3 장에서는 제안된 기술 그리고 4 장에서는 단순한 오버랩과 가상 계층 방식을 비교해 사용자 각각의 평균 위치 갱신을 측정한다. 그리고 미래 연구를 위한 결론과 제안을 마지막 장에서 제시한다.

2. 배경과 기존의 연구

이 장에서 PCS 에 대해 간단히 알아보고, 위치 갱신 기법들에 대해 알아본다.

2.1 PCS 네트워크

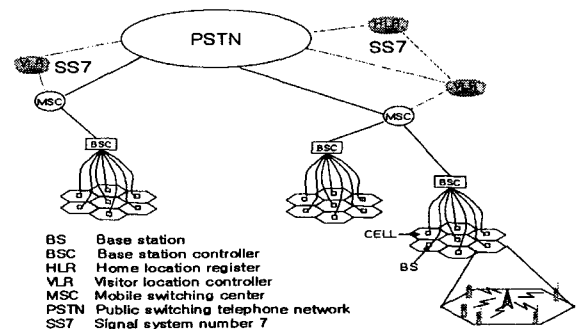
전화망과 같은 전형적인 유선 네트워크에서는 터미널의 위치가 고정되어 있다. 그러므로 별도의 위치관리가 필요하지 않다. 따라서 특정한 터미널의 호 신호는 항상 고정된 위치로 경로가 결정된다. 반면에 PCS 네트워크는 이동하는 사용자들의 위치 흐름이나 이동성 패턴과는 관계없이 통신할 수 있는 무선 통신 서비스를 제공한다.

기본적인 PCS 네트워크 설계는 유선 기간망(back bone)과 무선 모바일 단위들로 이루어져 있다. 현재 PCS 네트워크는 <그림 1>과 같은 셀룰러 구조를 가진다. 여기의 전체 서비스 지역은 셀로 이루어져 있고, 여러 개의 셀들은 LA 로 그룹 지어진다. 셀은 기지국(Base station)에 의해 관리되고, 유선으로 기지국 컨트롤러(BSC)에 각각 연결 되어있다. 그리고 여러 개의 BSC 는 모바일 스위칭 센터(MSC)에 연결된다. MSC 는 전형적인 스위칭 기능, 조정된 위치 등록, 호 전송 등의 기능을 한다. 이것은 공중 스위칭 전화망(PSTN)과 같은 유선 기간망과 SS7[10,11]과 같은 제어 신호 네트워크에 연결된다.

일반 전화망과 같은 고정된 환경에서 트래픽은 소스에서부터 목적지까지 정적인 주소를 가지고 경로가 결정된다. 그러나 모바일 환경에서는 소스에 의해 연결의 끝점을 알 수 없다. 그러므로 모바일 터미널의 위치를 알기 위해서 네트워크는 위치 등록기와 같은 네트워크 기기가 필요하다. 이동통신 네트워크는 두 가지 종류의 등록기를 가진다. 방문객 위치 등록기(VLR)와 홈 위치 등록기(HLR)로 구성되며, VLR 은 일시적으로 해당 지역 로밍 터미널의 위치 정보와 서비스 프로필을 저

장한다. 그것은 MSC 와 관련되어 위치상으로 이웃 하게 된다. HLR 은 영구적으로 모바일 터미널의 현재 로밍 정보를 저장한다. 전체 네트워크상에서 HLR 은 오직 하나만 존재하게 된다.

두 가지 종류의 등록기를 사용하는 현재 위치 관리 기법은 두 레벨 데이터 구조를 기반으로 한다. 위치 등록기의 역할은 모바일 사용자가 새로운 LA 로 이동하였을 때 호 설정을 위해 등록되는 것을 말한다. 위치 관리에 포함되는 두개의 동작은 Groupfind, Groupupdate 로 <그림 2>에 나타난다. 모든 모바일 단위의 이동은 LA 와 일치하는 VLR 은 물론 HLR 에 저장된다. 예를 들어 IS-41(AMPS 셀룰러 전화 시스템)은 무선 시스템에서 위치 갱신과 모바일 추적을 위해 잘 정의된 기준이다.



<그림 1> PCS 망에서 셀룰러 구조.

```

GroupFind( )
{
    Call to PCS user is detected at local switch;
    if the called party is the same RA then return;
    switch queries called party HLR;
    HLR queries called party current VLR, V;
    VLR V returns called party location to HLR;
    HLR returns location to the calling
}
    
```

```

switch;
  If (the called party is found) return; else
  search the remaining N-1 cells for the
  called party;
}

GroupUpdate( )
{
  The mobile terminal detects that it is in a
  new Group;
  The mobile terminal sends a registration
  message to the new VLR;
  The new VLR sends a registration
  message to the user HLR;
  The HLR sends a registration cancellation
  message to old VLR;
  The old VLR sends a cancellation
  confirmation message to the HLR;
  The HLR sends a registration confirmation
  message to the new VLR;
}

```

<그림 2> 위치 관리 알고리즘.

2.2 위치 갱신

많은 사용자를 관리하는 셀룰러 시스템에서 위치 갱신을 위한 트래픽은 최소화될 필요가 있다. 이 문제를 해결하기 위해, 여러 위치 갱신 기법이 개발되어져 왔다. 미리 정해진 셀로 이동할 때마다의 위치 갱신 기법, 동적 갱신 기법, 순방향 포인터 기법, 오버랩 기법 등의 갱신기법이 제안되었다. 이러한 기법중에서 LA 에 기반한 위치 갱신은 각 LA 의 경계에서 많은 시그널링 트래픽이 발생한다.

위치 갱신을 하지 않는 방법은 특정 모바일 사용자를 찾기 위해서, 시스템은 네트워크 전 지역을 찾아야 한다. 그러므로 호 신호 연결 지연이 길어지게 된다. 셀을 기반으로 모바일 사용자가 셀 경계를 지나갈 때마다 위치를 갱신하는 방법은 호 신호 연결 지연은 줄어들

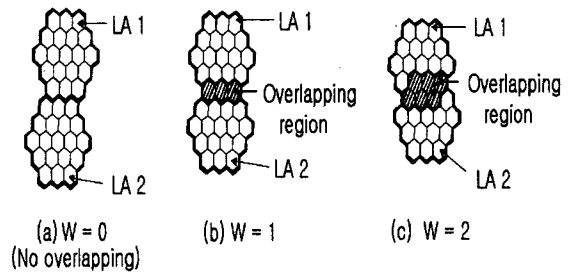
수 있으나, 위치 갱신 비용이 증가하는 단점이 있다. 미리 정해진 셀로 이동할 때마다 위치 갱신을 하는 기법은 모바일 사용자가 해당 셀로 들어갈 때 위치 갱신을 하며, 호 설정 요구가 왔을 경우에는 최근 보고된 셀로부터 페이징을 시작한다. 일반적으로 셀룰러 네트워크 상에서 미리 정할 셀을 결정하는 것은 NP-complete 다. 거리 기반 갱신, 이동성 기반 갱신, 그리고 시간 기반 갱신의 세가지 방법은 갱신에 사용되는 임계값의 종류에 따라 이름이 붙여졌으며, 이들을 동적 갱신 기술이라 한다. 이러한 기술 중 거리 기반 갱신방법은 모바일 사용자가 이전 갱신 위치로부터 기하학적 거리를 임계값으로 하여 그 값을 벗어나면 새로운 갱신을 시작한다. 여기서 말하는 거리는 두 지점간의 셀 수로 정해질 수 있다. 이동성 기반 갱신 방법은 이동한 거리가 셀의 수로 측정되는 방식이며 시간 기반 갱신방법은 모바일 단위들을 주기적으로 시스템에 갱신한다. 하드웨어 혹은 소프트웨어 타이머를 이용해 모바일 단위 내에서 쉽게 프로그램 될 수 있다.

순방향 포인터 방법은 이동 단말기가 최초로 위치를 등록할 때 VLR 과 HLR 에 위치를 등록하고, 등록된 지역을 바꿀 때에는 이전 VLR 로 메시지를 전송하여 현재 VLR 을 가리키는 순방향 포인터를 설정하도록 한다. 즉 단말기의 이동 사실을 HLR 에게 알리지 않는다. 단 순방향 포인터 체인이 미리 정해진 길이 K 를 넘을 때에는 이전의 순방향 포인터 체인을 끊고 HLR 에 위치 등록을 하여 연결 설정 지연을 일정 범위 이내로 제한하도록 한다. 이 시스템은 비용이 적고 광범위한 네트워크에서 모바일 사용자들을 찾지 않아도 되지만 여전히 순방향 포인터를 설정하는 부가적인 부분이 발생한다. 순방향 포인터 체인이 길어지면 호 설정 지연이 길어진다.

그룹화 방법은 모든 셀을 그룹화 시키고, 그 결과 그룹은 N 개의 셀[6]로 구성되며 기본적인 방법보다 갱신율을 $(4\sqrt{N} - 1)/3N$ 정

도 줄일 수 있다. 그룹 방법은 모바일 사용자가 새로운 그룹에 들어갈 때만 갱신이 수행된다. 시스템은 모바일 사용자가 호출되면 모바일 사용자를 찾기 위해 단지 해당 그룹만 찾으려 한다. 그러므로 그룹 방법은 단순하며 전에 언급된 다른 기법보다 더욱 효율적이다. 왜냐하면 보고된 셀을 배열할 필요 없이 찾는 범위를 하나의 그룹으로 한정시킬 수 있기 때문이다.

오버랩 기법[8, 9]은 두개의 LA 경계를 따라 이동하는 모바일 사용자로 인한 짧은 스위칭 시간으로 발생하는 위치 갱신 트래픽의 증가를 막을 수 있다. 오버랩 LA 들은 <그림 3>에서 보이는 것과 같이 트래픽을 줄일 수 있다. 두 LA 가 겹치지 않는 <그림 3>(a)과 두 LA 가 겹쳐진 <그림 3>(b)와 <그림 3>(c)를 보자. 여기서 w 는 실제 오버랩 된 셀의 정도를 가리킨다. 셀이 겹치지 않은 <그림 3>(a)에서는, 모바일 사용자가 LA 경계를 지나갈 때마다 위치를 갱신해야 한다. 만약에 <그림 3>(b)처럼 이웃 LA 들끼리 겹쳐진다면, 사용자는 오직 겹쳐진 지역을 지나갈 때만 위치 갱신을 하게 된다. 다시 말해 겹쳐진 셀을 완전히 지나가야 위치 갱신이 일어난다. LA 들이 서로 오버랩 되지 않은 셀들은 경계선을 지나면 위치 갱신 일어난다. 보다 많은 셀이 오버랩 되어 있는 <그림 3>(c)인 경우 위치 갱신을 하려면 더 많은 셀(여기서는 2)을 지나가야 한다. 그러므로 이 기법은 오버랩 되지 않은 기법과 비교해 위치 갱신으로 인한 신호 트래픽을 확연히 줄일 수 있다. 오버랩 기법의 단점은 LA 내의 셀들이 일정하게 겹쳐지지 않는다는 것이다. 그 결과 위치 갱신의 관리가 더욱 복잡해진다. 또한 LA 들이 겹쳐져있기 때문에, 오버랩 되지 않은 기법보다 더 많은 MSCs (VLRs)이 필요하다. 다음 장에서는 오버헤드 없이 위치 갱신을 효과적으로 줄일 수 있는 제안된 기법에 대해 알아볼 것이다.



<그림 3> 오버랩 방식.

3. 제안된 기법

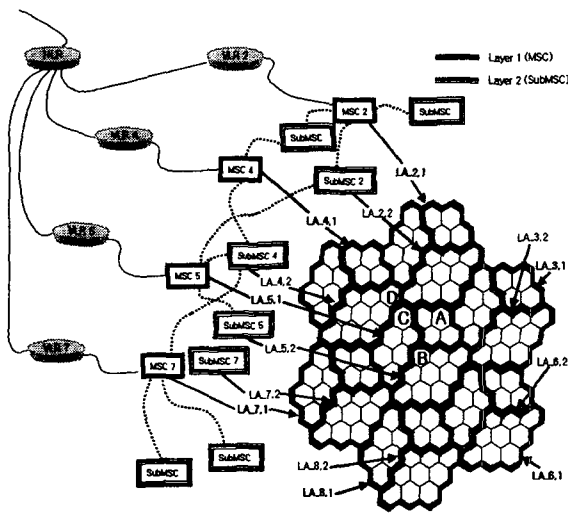
이 장에서는 제안된 기법에 대해 설명한다. 우선, 가상 계층 개념에 기초한 기본 구조를 소개하고 다음으로 자세한 동작 기술을 설명한다.

3.1 기본 구조

마이크로 셀룰러 구조는 높은 사용자 밀도를 지원하기 위해서 PCS 네트워크에서 사용되어 왔다. 이러한 환경에서는 모바일 사용자가 쉽게 LA 셀 경계를 지나가기 때문에 위치 갱신으로 인한 시그널링 트래픽은 매우 높게 된다. 기지국들은 그들이 속해 있는 LA 의 위치를 방송한다. 모바일 터미널은 항상 방송을 모니터링 하고 있다가 캐쉬에 저장되어 있는 내용이 다른 정보가 들어오면 이 다른 지역으로 이동했음을 인지하고 네트워크에게 위치 갱신 메시지를 보낸다. 그러나 오버랩 방식은 <그림 3>에서 보는 것과 같이 중첩된 지역들로 인해 빈번한 위치 갱신을 방지한다. 이 논문에서 제안된 가상 계층 설계의 사용은 이와 같은 장점을 더 효율적으로 수행 할 수 있었다.

제안된 방식을 유발한 중요한 사실 가운데 하나는 HLR 의 위치 갱신 비용이 VLR 보다 더 높다는 것이다. 왜냐하면 사용자에 대한 HLR 은 사용자로부터 멀리 위치하지만, 반면에 VLR 은 사용자와 가까이 있기 때문이다.

그러므로, 갱신하는 HLR 에 요구되는 트래픽을 최소화 할 필요가 있고, 제안된 기법에 사용된 원리는 HLR 과 VLR 들로 향하는 트래픽을 분산하는 것이다.



<그림 4> 제안된 가상 계층 구조.

이 논문에서 제안된 위치 관리 기법은 <그림 4>에서 보여진 것과 같은 가상 계층을 이용한다. 전체 지역이 굵은선으로 표시된 7 개의 지역(LA_2~ LA_8)으로 분할된 것을 볼 수 있다. 이전에 언급했듯이, 각 LA 는 MSC 와 VLR 에 각각 연결되어 있고 VLR 은 하나의 HLR 에 연결되어 있다. LA 의 원래의 계층을 Layer-1 으로 부르고 삼선으로 그려진 Layer-2 는 가상 계층을 나타낸다. 물론 가상 계층도 Layer-1 과 같이 동일하게 나누어져 있다. Layer-1 의 각 LA 가 MSC 를 가지고 있는 것처럼 Layer-2 의 각 LA 는 SubMSC 를 가지고 있다. MSC 가 관리하는 클러스터는 Layer-2 의 3 개 LA 와 Layer-1 의 1 개 LA 로 그림과 같이 구성된다. 표기법으로는 Layer-j 의 LA i 를 LA_ ij 로 표기한다. 예를 들면, LA_5,1 는 LA_2,2, LA_4,2, 그리고 LA_5,2 로 구성된다. Layer-1 에 LA 의 MSC 는 Layer_2 에 LA 로 표현된 세 개의

SubMSCs 에 연결되어 있다. 예를 들면, MSC_5 는 SubMSC_2, 4, 5 에 연결되고 이런 MSC 는 VLR 에 연결된다. 제안된 구조는 모바일 사용자가 두개의 인접한 지역의 경계를 따라 이동할 때 발생하는 진동 효과를 피하고, 다음에 설명되어진 것처럼 가상 계층의 사용으로 많은 셀들 상의 위치 갱신 제어 트래픽을 효과적으로 분산한다.

3.2 동작

이 논문에서는 이전 PCS 네트워크와 같은 동일한 환경에서 동작한다. 각 터미널은 기지국으로부터 방송되는 메시지를 감시한다. 만약 현재의 LA 가 이전에 등록된 LA 와 다를 경우, 모바일 터미널은 새로운 LA 를 시스템을 알기 위해서 위치 갱신을 한다. 모바일 터미널을 요구하는 호가 들어오는 경우, 시스템은 터미널을 찾기 위해 페이징 동작을 수행한다. 제안된 방식은 유일한 식별자[12, 13]를 각 Layer-1, 2 에 부여하는 것에 의해 구현된다. 제안된 방식은 동일한 크기의 LA 을 가지고 서비스 지역을 관리 한다는 것을 말한다. 원래의 LA 들은 가상 계층 LA 들과 엇갈려 겹쳐진다. 그리고 각 셀은 정확히 두 개의 다른 LA 들에 의해 관리된다. 그 셀은 각각 Layer-1 과 Layer-2 에 있는 셀이다. 각 셀이 두개의 LA 에 속해있다 하더라도, 터미널은 오직 하나의 LA 에만 등록이 되어있다.

위치 등록 지역 선정은 현재의 셀로부터 두개의 LA 중심 셀로까지의 거리에 따라서 선택이 되며, 두개 중 거리가 가까운 것이 선택된다. 거리가 같은 경우에, 임의의 선택이 이루어진다. 예로 셀 A 에 있는 모바일 사용자는 LA_5,1 과 LA_2,2 에 속한다. 하지만 모바일 사용자는 LA_5,1 에 거리보다 LA_2,2 의 거리가 짧기 때문에 LA_2,2 에 등록된다. 유사하게 셀 B 에 모바일 사용자는 LA_5,1 에 등록된다. 위치 갱신은 사용자가 현재 등록된 LA 를 떠날 때 발생한다. 그리고 이전의 계층

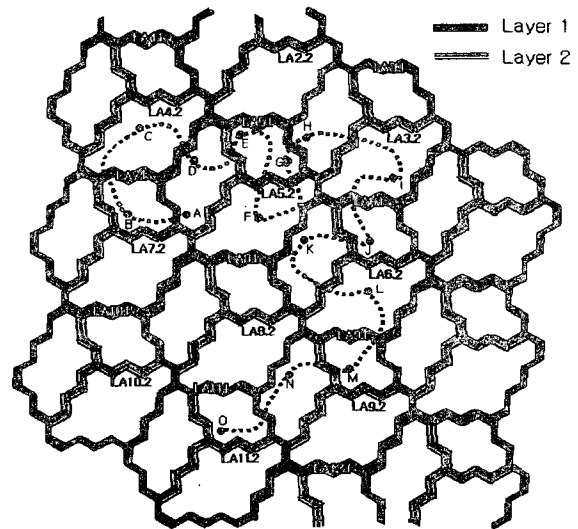
으로부터 다른 계층으로 항상 등록되어 진다. <그림 4>를 참고로 보면 셀 B 에 등록된 사용자(Layer-1 에 속한 LA_5,1 에 등록)가 셀 C(LA_4,1 , LA_4,2 에 속함)를 통해 셀 D 로 이동한다고 가정해보자. 그것은 LA_4,1 이 아닌 Layer-2 에 속해있는 LA_4,2 에 등록한다. 이러한 방식으로 되어지는 이유는 셀의 경계를 따라 이동하는 이용자로 인해 빈번히 발생되는 위치 갱신을 피하기 위함이다. 셀 D 로 도착하는 사용자는 LA_4,1 에 등록되고 곧바로 셀 C 로 되돌아 간다고 하자. 셀 C 는 LA_5,1 에 속해 있기 때문에 다른 위치 갱신이 요구된다.

기존 방식에서는 셀 C 와 D 사이를 빈번히 움직일 때마다 위치 갱신은 필요하다. 반면에, 제한된 방식에서 사용자가 LA_4,2 에 기록되어 있으면 셀 C 와 D 는 LA_4,2 에 속해 있기 때문에 위치 갱신이 필요 없다. 이와 같은 예로 알 수 있듯이 제한된 방식은 오버랩 방식을 포함하는 다른 방식과 비교 했을 때 위치 갱신의 빈번도를 크게 줄인다.

SubMSC 의 기능은 Layer-2 의 LA 에 있는 모바일 터미널을 스위칭한다. SubMSC 는 간단한 스위치이다. 그리고 각 기지국에 연결되어질 필요는 없다. 각 SubMSC 는 3 개의 이웃하는 MSC 에 연결되어 진다. 예로서 그림 4 의 SubMSC_4 는 MSC4,5,6 에 연결되어 진다. MSC 와 SubMSC 는 Layer-1 과 Layer-2 의 각각의 LA 에서 트래픽을 관리한다. VLR 은 3 개의 SubMSC 들을 연결하는 MSC 와 통신한다. 모바일 터미널이 SubMSC 에 의해 관리되는 3 개의 인접한 지역 안에서 움직임에 따라 위치 갱신은 몇몇 셀들을 제외하고는 발생하지 않는다. 그러므로 SubMSC 를 가진 제한된 위치 갱신 방법은 HLR 에 미치는 트래픽을 현저하게 줄일 수 있다. 이것은 4 절에 있는 성능평가에서 증명되어 진다. 또한 오버랩 방식에서 LA 들의 경계 셀에 집중되는 시그널링 트래픽을 몇몇의 셀에 분산시킬 수 있다.

<그림 5>는 모바일 터미널의 이동 경로의 예를

보여준다. 첫번째로 모바일 터미널이 A 에 위치하면 LA_5,2 를 관리하는 MSC 의 VLR 과 HLR 에 기록된다. 터미널이 B 로 움직일 때 SubMSC 에 의해 관리되는 LA_4,2 에 등록된다. 그것은 MSC 가 SubMSC 의 연결되어 있기 때문에 오직 VLR 의 위치 갱신이 필요하다. 터미널이 B 로부터 C 를 통하여 D 로 움직이는 동안에 그 터미널의 위치가 Layer_4,2 안에 있기 때문에 HLR 과 VLR 의 위치 갱신은 필요가 없다. E 에 도착할 경우에는 SubMSC 로부터 MSC 로 전환되기 때문에 VLR 위치 갱신이 요구된다. 터미널이 G 에 도착할 때까지 위치 갱신은 필요 없다. 표 1 은 터미널이 위치 A 에서 O 까지 이동할 때 위치 갱신과 등록된 레지스터를 나타낸다. 여기서 9 개의 VLR 과 3 개의 HLR 이 갱신되어 진다. 만약 제안된 가상층 방식을 사용하지 않는다면 7 개의 VLR 과 7 개의 HLR 이 갱신되어야 한다.



<그림 5> 모바일 터미널의 이동 경로의 예

<표 1> 그림 5에 따른 모바일 터미널의 등록된 LA와 업데이트된 레지스터.

	경로	등록된 LA	업데이트된 레지스터
1	A→B	LA_4, 2	VLR
2	B→C	LA_4, 2	None
3	C→D	LA_4, 2	None
4	D→E	LA_5, 1	VLR
5	E→F	LA_5, 1	None
6	F→G	LA_5, 1	None
7	G→H	LA_2, 2	VLR
8	H→I	LA_3, 1	HLR, VLR
9	I→J	LA_3, 2	VLR
10	J→K	LA_6, 1	HLR, VLR
11	K→L	LA_6, 1	None
12	L→M	LA_6, 2	VLR
13	M→N	LA_9, 1	HLR, VLR
14	N→O	LA_8, 2	VLR

4 성능 평가

4.1 전체

이 논문은 <그림 3>에서 볼 수 있듯이 PCS 네트워크의 셀은 육각형 모양을 띄고 있다고 가정한다. 따라서 각 셀은 6개의 다른 셀과 인접해 있고, 이러한 모델은 사용자가 어느 방향으로든지 움직일 수 있는 이동 형태를 나타내기 적합하다. LA는 위치 갱신 범위 안에 위치한 셀들의 집합이다. 우리는 [8, 14]에서 제기된 Ring의 개념을 도입하였다. LA의 크기는 그 LA를 형성하는 셀들의 Ring의 개수(d)로 나타내며, 중앙의 셀을 Ring 0이라 하고 가장 바깥쪽을 Ring($d-1$)이라 부른다. 사용자당 평균 위치 갱신 비율을 구하기 위해 dwell time[15, 16]의 개념을 적용시켰으며, 해당 셀에서 정해진 dwell

time(T_d)이 경과할 때 사용자는 1/6의 확률로 인접한 셀로 이동한다. 한 셀과 인접한 6개의 셀들에 대하여 우리는 그 위치 갱신 비율을 계산할 것이다. 사용자의 움직임은 확률적으로 독립적이고 통계학적 균형을 유지한다고 가정하자. 여기서는 오버랩 방식과 가상층 방식의 분석적 모델을 연구한다. 아래의 것들은 위 모델을 설명하기 위해 사용된 기호이다.

4.2 기호

K : 셀에 있는 모바일 사용자의 평균 수.

d : LA의 크기.

w : 오버랩 정도 ($w < d$) (See Figure 3.)

T_d : 평균거주시간 (지수적 분포)

N : LA에 있는 모바일 사용자의 전체 수.

R_{LA} : 주어진 LA에서의 평균 위치 갱신율.

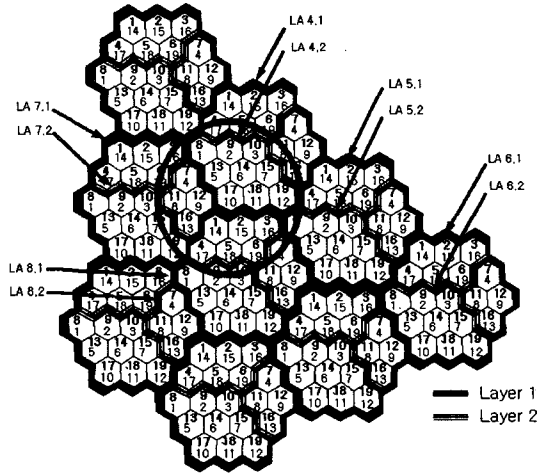
R_{MS} : 사용자당 평균 위치 갱신율.

$u_{i,j}$: Layer- j 의 cell- i 에서의 모바일 사용자의 수 ($j = 1, 2$).

4.3 제안된 방식에 대한 모델

본 논문에서는 오버랩 기술[8]의 모델링 기본 개념을 바탕으로 통계학적 균형을 이룬 모델을 제안한다. 각 수식이 의미하는 바가 분명하고, 이러한 선형 시스템의 해법은 이미 검증된 수학적 방법이므로 이에 기반한 모델링 기법을 제안한다. <그림 4>에서 보는 바와 같이 MSC 5와 그것의 이웃하는 SubMSC_2, 4, 5는 VLR_5에 연결되어 있다. 그러므로 VLR_5는 4개의 LA's, 즉 LA_5,1, LA_2,2, LA_4,2, LA_5,2에 대한 위치갱신을 처리한다. 제안된 방식에서 LA는 크기가 다른 3개의 영역을 가지고 있기 때문에, 각 셀은 어떠한 좌표 대신에 유일한 숫자를 할당한다. 제한된 방식의 LA에 있는 셀은 그림 8에서와 같이 숫자가 할당된다. 여기서 각 셀의 위 아래 숫자들은 Layer-1과 Layer-2의 셀 번호를 나타낸다. 또한 LA에 있는 셀들은

왼쪽 상단 셀부터 시작하여 행 방향으로 숫자가 부여된다.



<그림 8> 제안된 스킴에서의 셀 숫자 할당

$u_{i,j}$ 는 Layer- j ($j=1, 2$)의 cell- i 에 있는 모바일 사용자의 수를 나타낸다. $\neq 3$ 인 하나의 LA 에서 셀의 개수는 19 이므로, 19 개의 방정식이 계산될 필요가 있다. 그것은 하나의 셀 안에 있는 모바일 사용자의 수를 나타낸다. <그림 8>에서 LA_4,1 의 cell-7 에 있는 모바일 사용자의 수와 LA_4,2 의 cell-4 에 있는 모바일 사용자 수를 더하면 결과는 K 이다.

$$\begin{aligned} u_{7,1} + u_{4,2} &= K \\ u_{18,1} + u_{11,2} &= K \\ u_{1,1} + u_{14,2} &= K \end{aligned} \quad (9)$$

다른 셀들에도 똑같은 규칙을 적용할 수 있다. 나머지 방정식은 부록 I 에 나타내었다.

각 LA 의 셀에 있는 모바일 사용자의 수는 아래와 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{1}{6} \cdot (u_{3,1} + u_{7,1} + u_{19,1} + u_{2,2} + u_{4,2} + u_{5,2}) \\ u_5 &= \frac{1}{6} \cdot (u_{4,2} + u_{2,2} + u_{4,2} + u_{6,2} + u_{9,2} + u_{10,2} + u_{7,1} + u_{12,1}) \end{aligned} \quad (10)$$

$$u_{16} = \frac{1}{6} \cdot (u_{11,2} + u_{12,2} + u_{15,2} + u_{15,2} + u_{19,2} + u_{8,1} + u_{18,1} + u_{19,1})$$

다른 식들도 비슷하게 구해진다. 나머지 방정식은 부록 II 에 나타내었다.

하나의 LA 에 있는 모바일 터미널의 평균 개수는

$$N = 4 \cdot \sum_{i=1}^{3d^2-3d+1} u_i \quad (11)$$

주어진 LA 의 평균 위치 갱신율은

$$R_{LA} = \left(\frac{1}{2}(\alpha) + \frac{1}{3}(\beta) + \frac{1}{6}(\gamma) \right) \cdot \frac{1}{T_d} \quad (12)$$

여기서,

$$\begin{aligned} \alpha &= (u_{1,1} + 2 \cdot u_{3,1} + 2 \cdot u_{8,1} + u_{12,1} + u_{17,1} + 2 \cdot u_{19,1}) \\ \beta &= (u_{1,1} + 2 \cdot u_{2,1} + 2 \cdot u_{4,1} + 2 \cdot u_{7,1} + u_{12,1} \\ &\quad + 2 \cdot u_{13,1} + 2 \cdot u_{16,1} + 2 \cdot u_{17,1} + 2 \cdot u_{18,1}) \\ \gamma &= (u_{1,1} + u_{12,1} + u_{17,1}) \end{aligned}$$

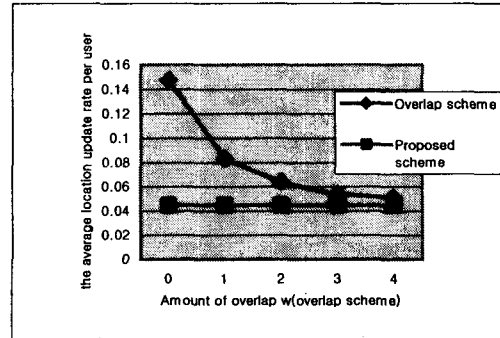
사용자당 평균 위치 갱신율은

$$R_{MS} = \frac{R_{LA}}{N} \quad (13)$$

4.4 수치결과

다른 논문에서처럼, 하나의 셀 당 평균 모바일 사용자수를 100 명으로 가정한다. 셀 당 사용자들의 다양한 이동속도를 고려하여 셀 거주시간 (T_d)는 1,2,4,8 분으로 한다. 우리는 제안된 방식과 오버랩 방식을 사용자당 평균 위치 갱신율로 비교한다. 그림 9,10,11 은 제안된 방식이 오버랩 방식보다 대단히 우수함을 보여주고 있다. 또한, LA 의 크기가 증가함에 따라 비율이 감소함을 알 수 있다. 이는 전형적인 PCS 네트워크에서 LA 의 크기는 통신 장비와 기술이 향상됨에 따라 커진다고 기대

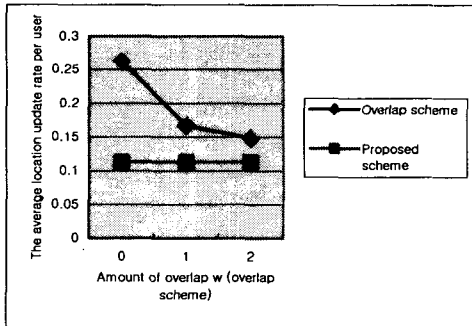
하기 때문에 중요한 사실이다. 오버랩 방식에서 갱신 비율은 오버랩이 증가함에 따라 감소한다. 하지만, MSC와 VLR의 수는 증가한다. 예를 들어 $d=3, w=2$ 인 그림 9에서 오버랩의 정도가 심하기 때문에 오버랩 방식은 대략 38개의 MSC와 VLR 정도를 필요로 한다. 그러나 제안된 방식은 19개의 MSC와 VLR, 그리고 SubMSC를 필요로 한다. SubMSC는 일반적인 MSC보다 훨씬 단순한 스위치이고, 각 기지국에 연결되어질 필요 없이 MSC로의 연결로써 불필요한 비용을 줄일 수 있다. 이와 같은 방식으로 제안된 방식의 오버헤드가 오버랩 방식보다 훨씬 작다. 더욱이, 제안된 방식은 HLR에 대한 통신량을 줄이는데, 이는 매우 중요하다. 또 다른 장점은 오버랩 방식에서 제한된 숫자의 셀에 집중되는 신호 통신량이 우리의 방식에서는 많은 여러 셀에 분배된다는 장점이 있다.



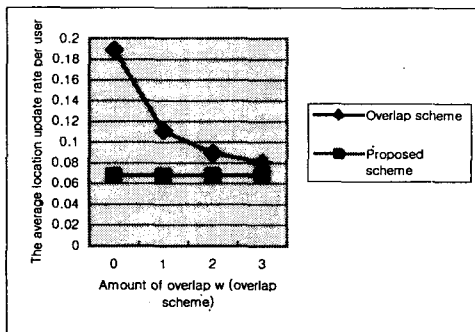
<그림 11> $d=5$ 인 경우 사용자당 평균 위치 갱신율.

5. 결론

본 논문에서 우리는 셀룰러 시스템에서 시그널링 트래픽을 줄이기 위해 SubMSC를 이용한 효과적인 위치 갱신 방식을 제안하였다. 시스템은 2계층 구조를 갖고 같은 크기의 LA들에 의해서 형성된다. 개념적으로 제안된 방식은 VLR에서 grouping, overlapping, local updating의 결합이다. 이 방식은 사용자당 위치 갱신율에 관해서 오버랩 방식보다 현저한 성능 향상을 가져온다. 더욱이 새로운 방식은 전형적인 방식에서 발생하는 빈번한 위치 갱신을 방지하여 낭비되는 네트워크 자원의 사용에서 향상을 제공하고 경계 셀에 집중되는 시그널링 트래픽을 여러 셀에 분배한다. Generalized modeling은 현재 연구 중에 있으며, 경계 셀에서 모바일 사용자 외에도 위치 갱신은 mobility pattern, dwell time, call to movement ratio 등과 같은 다른 요소들에 대한 고려가 필요하다. 우리는 요소들간의 관계를 조사하고, 갱신 비율의 설계에서 그것들을 포함할 것이다. 이것은 효과적인 위치관리법이 이끌어낼 수 있는 유용한 측정을 우리에게 제공할 것이다.



<그림 9> $d=3$ 인 경우 사용자당 평균 위치 갱신율.



<그림 10> $d=4$ 인 경우 사용자당 평균 위치 갱신율.

참고문헌

- [1] U. Madhow, M. L. Honig, and K. Steiglitz, "Optimization of wireless resources for personal communications mobility tracking," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 3(6):698-707, December 1995.
- [2] A. Bar-Noy and I. Kessler, "Tracking mobile users in wireless communication networks," *IEEE Transactions on Information Theory*, 39(6):1877-1886, November 1993.
- [3] Y.-B. Lin and W.-N. Tsai, "Location tracking with distributed HLRs and pointer forwarding," *Proc. IEEE Transaction Vehicular Technology*, vol.47, no.1, pp.59-64, 1998.
- [4] R. Jain, et al., "A forwarding strategy to reduce network impacts of PCS," *Proc. INFOCOM' 95*, pp. 481-489.
- [5] R. Jain, et al., "A caching strategy to reduce network impacts of PCS," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, 12 (8) pp.1434-1444, 1994.
- [6] C. -M. Weng and P. -W. Huang, "Modified group method for mobility management," *Computer Communications* 23, pp.115-122, 2000.
- [7] A. Bar-Noy, I. Kessler, and M. Sidi, "Mobile users: To update or not to update?," *Wireless Networks*, 1(2):175-185, July 1995.
- [8] D. Gu and S.S. Rappaport, "Mobile user registration in cellular systems with overlapping location areas," *Proc. VTC ' 99*, pp.802-806, May 1999.
- [9] T.-P. Chu and S.S. Rappaport, "Overlapping Coverage with Reuse Partitioning in Cellular Communication Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.46, no. 1 February 1997
- [10] Y. B. Lin and S. K. DeVries, "PCS network signaling using SS7," *IEEE Personal Commun. Mag.*, pp.44-55, June 1995.
- [11] K. S. Meier-Hellstem and E. Alonso, "The use of SS7 and GSM to support high density personal communications," in *IEEE ICC*, 1992.
- [12] S. Mohan and R. Jain, "Two user location strategies for personal communications services," *IEEE personal communications*, vol. 1. no. 1, pp.42-50, 1994
- [13] L. - R. Hu and S. S. Rappaport, "An adaptive location management scheme for global personal communications," *IEE Proc. Commun.*, vol. 144, no.1, pp.54-60, Feb. 1997.
- [14] J. S. M. Ho and I. F. Akyildiz, "Mobile user location update and paging under delay constraints," *Wireless Networks*, 1(4):413-425, December 1995.
- [15] P. V. Orlik and S. S. Rappaport, "Traffic performance and mobility modeling of cellular communications with mixed platforms and highly variable mobility," *Proc. Of the IEEE*, vol.86, no.7, pp.1464-1479, July 1998.
- [16] D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures," *IEEE Transaction Vehicular Technology* vol. VT-35, no.3, pp.72-92, Aug. 1986.
- [17] A. Bhattacharya and S.K. Das, "LeZi-

- Update: An Information-theoretic Approach to Track Mobile Users in PCS Networks," Proc. ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobi-Com ' 99), pp.1-12, August 15-19, 1999.
- [18] Y. -B. Lin and W. -N. Tsai, "Location Tracking with Distributed HLR's and Pointer Forwarding," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.47, no.1 February 1998.
- [19] D. Plassmann, "Location management strategies for mobile cellular networks of 3rd generation," Proc. 44th IEEE Vehicular Technology Conference, 649-653, June 1994.
- [20] C. Rose, "Minimizing the average cost of paging and registration: A timer-based method," Wireless Networks, 2(2):109-116, June 1996.
- [21] S. J Kim and C. Y. Lee, "Modeling and analysis of the dynamic location registration and paging in microcellular systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, 45(1):82-90, February 1996.
- [22] I. F. Akyildiz and J. S. M. Ho, "Dynamic mobile user location update for wireless PCS networks," Wireless Networks, 1(2):187-196, July 1995.
- [23] I. F. Akyildiz and J. S. M. Ho, "Movement-based location update and selective paging for PCS networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, 4(4):629-638, December 1995.
- [24] T. X. Brown and S. Mohan, "Mobility management for personal communication systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.46, no.2, pp.269-278, May 1997.
- [25] S. K. Das and S. K. Sen, "A new location update strategy for cellular networks and its implementation using a genetic algorithm," Proc. ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobi-Com' 97), 185-194, September 1997.
- [26] Y. -B. Lin, "Determining the user locations for personal communications networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.43, no.3, pp.466-473, 1994.
- [27] Y. -B. Lin, "Reducing location update cost in a PCS network," IEEE/ACM Trans. Network., vol.5, no.1, pp.25-33, 1997.
- [28] M. Zaid, "Personal mobility in PCS," IEEE Pers. Commun. Mag., Fourth Quarter pp. 12-16, 1994.
- [29] M. Mouly and M.-B. Pautet, "Current evaluation of the GSM systems," IEEE Pers. Commun. Mag., pp.9-19, October 1995.
- [30] S. Tabbane, ESPIT: "location management methods for third-generation mobile systems," IEEE Commun. Mag., pp. 72-84, August 1997.
- [31] T. X. Brown and S. Mohan, "Mobility management for personal communication systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.46, pp.269-278, 1997.

● 저자소개 ●



정 대 우

2000년 홍익대학교 전자공학과 졸업(학사)
 2000년~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 석사과정
 관심 분야: 이동네트워크, ATM네트워크 등



추 현 승

1988년 성균관대학교 수학과 졸업(학사)
 1990년 텍사스 주립대(달라스) 전자계산학과(공학석사)
 1996년 텍사스 주립대(알링턴) 전산공학과(공학박사)
 1997년 특허청 심사4국 컴퓨터심사 담당관실 심사관(사무관)
 1998년~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 조교수
 관심 분야: 병렬 및 분산 처리, ATM네트워크, 이동네트워크 등



윤 희 용

1977년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1979년 서울대학교 전기공학과 대학원(공학석사)
 1988년 Univ. of Massachusetts at Amherst, 컴퓨터공학과 대학원
 (공학박사)
 1988년~1991년 Univ. of North Texas, 전산학과 조교수
 1991년~2000년 Univ. of Texas at Arlington, 컴퓨터공학과 부교수
 (1999년~2000년 한국정보통신대학원대학교 교수)
 2000년~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수
 (특별 우대 교수)
 관심 분야: 병렬 및 분산 처리, 저장시스템, 이동컴퓨팅 등



박 경 린

1986년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)
 1988년 중앙대학교 전자계산학과 대학원(공학석사)
 1992년 텍사스 주립대(알링턴) 전산공학과 대학원(공학석사)
 1997년 텍사스 주립대(알링턴) 전산공학과 대학원(공학박사)
 1998년~현재 제주대학교 자연과학대학 전산통계학과 조교수
 관심 분야: 분산/병렬 처리 시스템, 오류 허용 시스템, 성능 평가 등