



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

셀룰러망에서 계층 구조를 이용한
위치 관리 기법에 관한 연구



濟州大學校 大學院

電算統計學科

朴 邵 正

2006年 12月

셀룰러망에서 계층 구조를 이용한
위치 관리 기법에 관한 연구

指導教授 朴 景 麟

朴 邵 正

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2006年 12月

朴邵正의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2006年 12月

A Study on Location Management Scheme
Using Hierarchical Structure
in Cellular Network

So-Jeong Park

(Supervised by Professor Gyung-Leen Park)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Master of Science

Department of Computer Science and Statistics
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December 2006

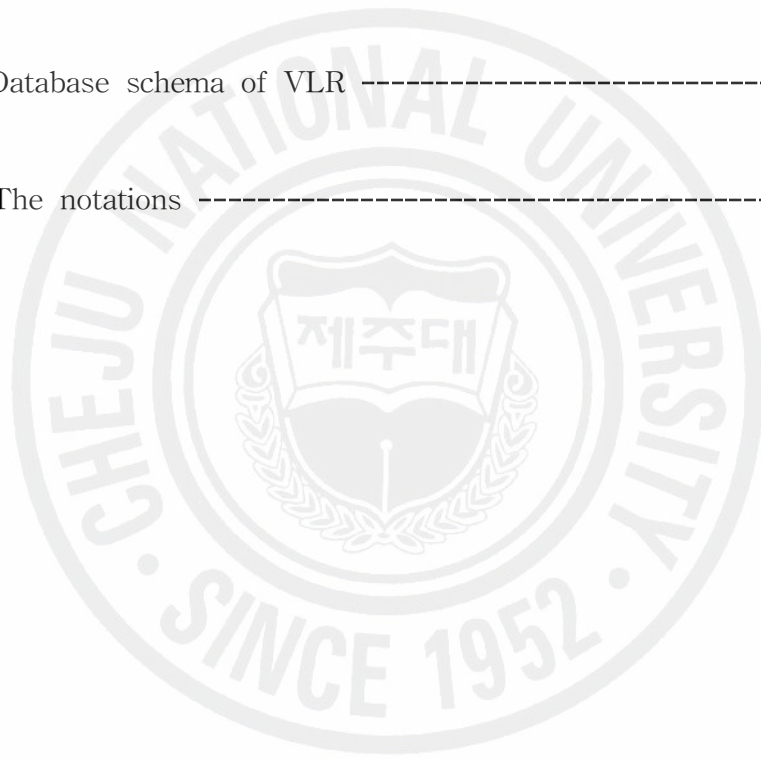
목 차

List of Tables	i
List of Figures	ii
Abstract	iv
I. 서론	1
II. 배경 및 관련연구	4
1. 셀룰러망의 구조	4
2. 위치등록기의 데이터베이스 구조	5
3. 위치 관리 과정	9
4. 기존의 위치 갱신 기법들	10
1) 위치 갱신을 하지 않는 방법	10
2) 고정 위치 영역 기법	10
3) 순방향 포인터 기법	11
4) 그룹화 기법	11
5) 오버랩 기법	11
6) 다중 계층 기법	11
7) 가상 계층 기법	12
8) 동적 갱신 기술	12
9) Hybrid 방식을 이용한 위치관리 기법	12
10) 이동 단말기의 방향성을 고려한 위치관리 기법	12
11) 고속이동 노드 위치 갱신 기법	13

12) 특성화 LA 기법 -----	13
13) 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 기법 -----	13
5. 계층구조를 이용한 위치관리 기법 -----	14
1) 기본구조 -----	14
2) LAI의 구조 -----	15
 III. 제안기법 -----	 16
1. 개요 -----	16
2. VLR 전체 갱신을 계산 공식 -----	19
3. HLR 전체 갱신을 계산 공식 -----	21
4. VLR에 대한 평균 갱신 비용 계산 공식 -----	23
5. HLR에 대한 평균 갱신 비용 계산 공식 -----	28
 IV. 성능평가 -----	 35
1. 셀 거주시간에 따른 총 갱신 비용 -----	35
2. LA 크기에 따른 총 갱신 비용 -----	38
3. 한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균 수에 따른 총 갱신 비용 -----	40
4. 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수에 따른 총 갱신 비용 -----	42
5. 고정된 셀 개수에서 총 모바일 사용자 수에 따른 총 갱신 비용 -----	43
 V. 결론 -----	 45
 VI. 참고문헌 -----	 46

List of Tables

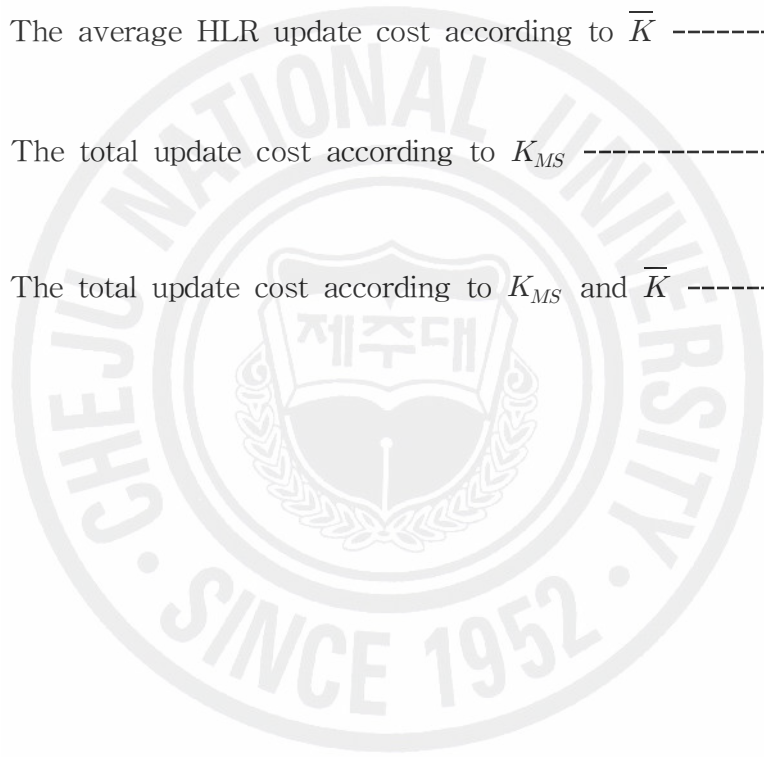
Table 1. Fixed database schema of HLR	6
Table 2. Static database schema of HLR	6
Table 3. Dynamic database schema of HLR	7
Table 4. Database schema of VLR	8
Table 5. The notations	17



List of Figures

Figure 1. Cellular Architecture in PCS network -----	4
Figure 2. The location management algorithm -----	9
Figure 3. The SLA architecture using hierarchical structure -----	14
Figure 4. The LAI Architecture -----	15
Figure 5. The LA having d rings -----	16
Figure 6. The SLA having d_s rings -----	17
Figure 7. (A) A vertex LA in SLA. (B) A side LA in SLA -----	22
Figure 8. An SLA Architecture -----	24
Figure 9. A piece of SLA divided into 6. -----	25
Figure 10. The HLR update area -----	29
Figure 11. The center SLA and a neighbor SLA -----	30
Figure 12. The total update cost according to dwelling time -----	36
Figure 13. The total update cost with dwelling time 4 -----	37

Figure 14. The total update cost with dwelling time 8 -----	37
Figure 15. The total update cost according to LA size -----	38
Figure 16. The total update cost according to LA size -----	39
Figure 17. The total update cost according to \bar{K} -----	40
Figure 18. The average HLR update cost according to \bar{K} -----	41
Figure 19. The total update cost according to K_{MS} -----	42
Figure 20. The total update cost according to K_{MS} and \bar{K} -----	44



Abstract

According to the rapidly evolving technologies of wireless networks and improved performance of computer hardware, future computer systems are going to be ubiquitous environments that make it possible to easily access desired information anytime and anywhere irrespective of physical location of users. Especially, the number of subscribers in personal mobile communication is rapidly increasing recently. After all, the location management of MS (Mobile Station) plays an important role in mobile communication systems.

There have been considerable research activities in reducing a cost of location management. Among them, a scheme which reduces the updating cost of location without increasing a paging cost, has mainly researched. A signaling costs a great deal when to update information of HLR(Home Location Register) rather than VLR(Visitor Location Register).

The proposed location management scheme using hierarchical structure focuses on signaling traffic to update location by reducing the number of update in location information of HLR. This paper proposes an analytic model which can measure average updating cost and a method to determine size of SLA(Super Location Area) which minimizes the updating cost using this model. Accordingly, this scheme using location management scheme using hierarchical structure can reduce a waste of network resource caused by frequent location updates in the GSM(Global System for Mobile Communication). However, the update rate of HLR is reduced and the update rate of VLR is increased by geometric progression as the SLA size becomes larger. Finally, this paper proposes the method to find the size of hierarchy in which minimizes the total updating cost in cellular network, considering the update rate and cost of HLR and VLR.

The performance evaluation shows that the more the number of cell, the larger size of hierarchy. In other words, as the number of cell becomes larger, load concentrated on HLR should be appropriately distributed to VLR to maintain the minimum update cost in whole network.



I. 서론

무선 통신망 기술의 급속한 발전과 컴퓨터 하드웨어 성능의 향상으로 인하여 앞으로의 컴퓨터 시스템은 사용자의 물리적 위치에 관계없이 언제 어느 곳에서도 원하는 정보를 손쉽게 접근할 수 있는 유비쿼터스 환경이 될 것이다. 특히 최근에는 개인이동통신 가입자가 급속하게 증가하고 있다. 이로 인하여 이동 통신 시스템(mobile communication systems)에서 이동 단말기(MS: Mobile Station)의 위치를 추적하는 위치관리는 매우 중요하게 되었다.

IS-41(Interim Standard-41)(EIA/TIA 1997)이나 GSM(Global System for Mobile communications)(Mouly 등 1992; Lycksel 1991)과 같은 표준을 사용하는 현재의 이동 통신 시스템에서는 이동 단말기가 자신의 위치를 시스템에 알려주는 위치 갱신(location update)과 착호 발생시에 피호출자를 찾기 위해 시스템에서 방송하는 페이징(paging)이라는 두 가지 연산을 통해서 위치 관리를 수행한다. 시스템은 서비스 영역을 여러 개의 위치 영역(LA: Location Area)들로 나누어 관리하고, 각 위치 영역들은 여러 개의 연속적인 셀(cell)을 그룹화 시켜 구성된다. MS는 위치 영역의 경계를 벗어날 때마다 자신이 진입한 새로운 위치 영역을 시스템에 알려주는 위치 갱신을 수행한다. 착호가 발생하면 시스템은 MS가 위치 갱신을 수행한 위치 영역만을 페이징 하여 MS의 위치를 찾아낸다. 그러나 위치 갱신 비용과 페이징 비용은 서로 트레이드오프(trade off)관계에 있기 때문에 위치 관리 비용을 최소화하기가 쉽지 않다(Wong 등 2000).

현재까지 위치 관리 비용을 감소시키는 다양한 방법이 연구되어져 오고 있다. 페이징 비용은 LA의 크기에 비례하므로, 페이징 비용을 증가시키지 않고 위치 갱신 비용을 감소시키는 방안이 주로 연구되고 있다. 여러 표준안에서 위치 갱신을 위해 홈 위치 등록기(HLR: Home Location Register)와 방문자 위치 등록기(VLR: Visitor Location Register)라는 2계층 구조의 위치등록기를 사용한다. VLR은 임시적으로 서비스 프로파일과 위치 정보를 저장하고 있는 데이터베이스이고 HLR은 영구적으로 사용자 프로파일을 저장하고 있는 데이터베이스이다. 전

체 네트워크 상에서 HLR은 오직 하나만 존재하게 된다. 여기에서 위치 갱신할 때 발생하는 시그널링은 VLR보다는 HLR의 정보를 갱신하는데 훨씬 더 많은 비용이 든다.

본 논문의 중심이 되는 계층구조를 이용한 위치 관리기법은 HLR에 대한 위치 정보 갱신 횟수를 줄임으로써 위치갱신을 위한 시그널링 트래픽을 줄이는데 초점을 두었다. 이 기법은 기존 GSM에서의 LA를 군집화한 SLA(Super LA)라는 새로운 개념을 도입하였다. 그리고 여기서는 SLA는 SLA 당 하나의 VLR에 의해 관리되어지며 VLR은 SLA의 정보를 포함한 현재의 LA 위치 정보를 임시적으로 저장하게 된다. 계층구조를 이용한 위치 관리 기법에서 MS들의 이동이 SLA내의 LA들 사이에서 이루어질 때에는 VLR만이 갱신되고 MS가 단지 서로 다른 SLA를 가로 질러 이동할 때에는 VLR과 HLR이 갱신된다. 즉 SLA내에서는 LA간의 이동에 따른 불필요한 위치 갱신을 줄일 수 있다. 이 기법은 기존 GSM의 위치 갱신보다 위치 갱신율을 줄임으로써 갱신 관련 트래픽을 현저히 줄일 수 있다. 즉, 계층구조를 이용한 위치관리기법에서는 SLA를 크게 하면 할수록 HLR에 대한 사용자당 평균 위치 갱신율이 감소하게 된다. 그러나, SLA를 크게 하면 할수록 VLR에 대한 갱신율은 그에 상응하여 증가하게 된다.

따라서, 본 논문은 계층구조를 이용한 위치 관리 기법에서 HLR과 VLR에 대한 평균갱신비용을 측정할 수 있는 분석적 모델을 제시하고 모델을 통하여 최소 비용이 되는 SLA의 크기를 구하는 방법을 제안하고자 한다. HLR과 VLR의 갱신에 따른 비용은 갱신 시그널의 개수, 갱신 시그널의 크기, 위치 등록기의 하드웨어적인 성능, 통신망의 전송속도 등 다양한 요인에 영향을 받지만, 최적의 SLA의 크기를 구하는 것이 목적이므로 SLA의 크기에 따라 영향을 받는 요인만을 고려하면 된다. SLA의 크기에 따라 변화하는 비용인자는 위치등록기(HLR, VLR)와 갱신이 발생하는 셀 사이의 거리가 된다. 본 논문은 셀룰러(cellular)망 전체에서 총비용이 최소가 되는 최적의 SLA의 크기를 구하기 위하여 위치등록기의 평균 위치 갱신율을 구하고, 위치등록기와 갱신이 발생하는 셀 사이의 거리에 따른 갱신비용을 계산하는 모델을 제안하였다. 전체 셀룰러망의 총 갱신비용은 한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균수와 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자의 수, 하나의 LA의 링 크기, 하나의 SLA의 링 크기 및 사용자당 평균

셀 거주시간에 따라 산출하였다. 성능평가를 통하여 결과적으로 최적이 되는 계층구조의 크기는 셀의 개수에 따라 결정할 수 있으며 셀의 개수가 많을수록 계층구조의 크기를 크게 하여야 함을 알 수 있었다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 배경 및 관련 연구로써 GSM에서의 셀룰러망의 구조와 위치관리에 사용되는 데이터베이스인 HLR과 VLR의 구조를 알아보고, GSM에서의 위치관리와 기존의 여러 가지 위치관리 기법들에 대하여 간략히 기술하였다. 그리고 본 논문의 중심이 되는 계층구조를 이용한 위치관리 기법에 대하여 소개하였다. 3장에서는 계층구조를 이용한 위치관리기법에서 셀룰러망 전체의 총 갱신비용을 측정하는데 필요한 HLR과 VLR에서 발생하는 평균 위치갱신율과 SLA 크기에 따라서 발생하는 위치등록기(HLR, VLR)의 갱신비용을 측정하는 분석모델을 제시하였다. 그리고 4장에서는 셀 거주시간, LA 크기, 한 셀안에 있는 모바일 사용자의 평균 수, 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수, 고정된 셀 개수에서 총 모바일 사용자 수에 따른 셀룰러망의 총 갱신비용을 측정하여 봄으로써 제안 기법의 성능을 평가하여 보았다. 다양한 조건에 따라 각각의 경우에서의 최적의 SLA 크기를 제시할 수 있음을 보였다. 마지막으로 5장에서는 결론으로 본 논문의 연구 내용 전반에 대하여 요약하고, 향후 연구 방향을 제시하였다.

II. 배경 및 관련연구

1. 셀룰러망의 구조

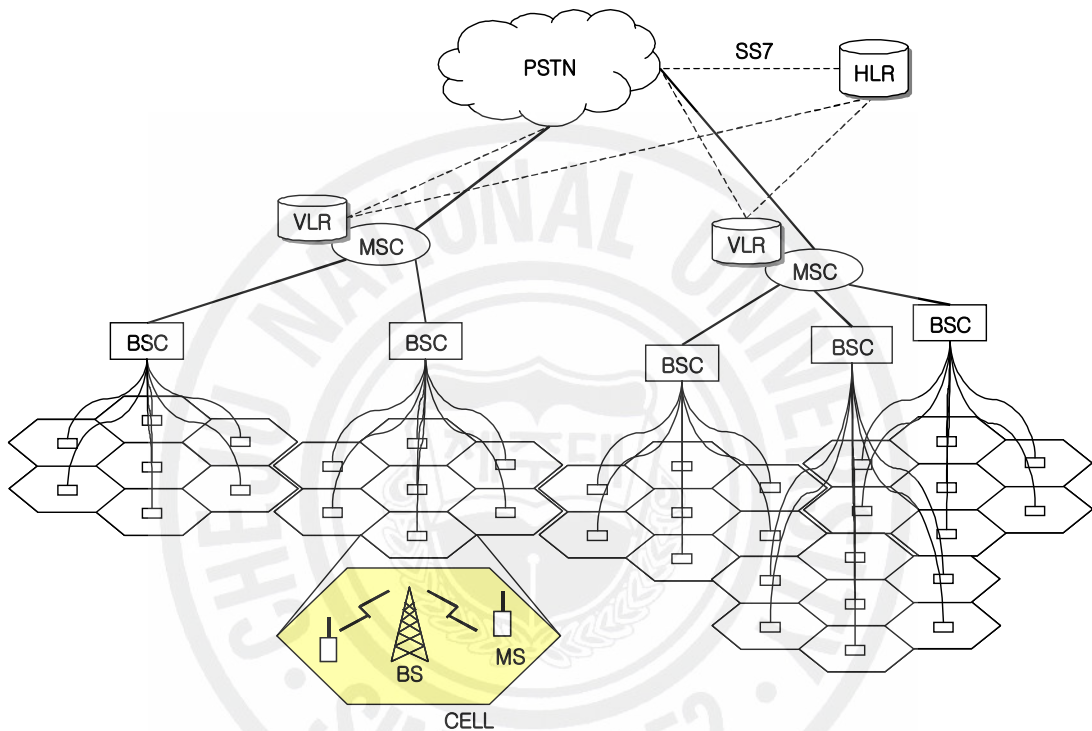


Figure 1. Cellular Architecture in PCS network

<Figure 1>은 무선 이동 통신망(Kruijt 등 1998)의 구조를 나타내고 있다. 전체 서비스 지역은 셀(cell)들로 이루어져 있고, 여러 개의 셀들은 LA(Location Area)로 그룹지어진다. 셀은 셀마다 하나씩 존재하는 기지국(BS : Base Station)에 의해 관리되고, BS들은 유선으로 기지국 컨트롤러(BSC : Base Station Controller)에 연결되어 있다. 그리고 여러 개의 BSC는 모바일 스위칭 센터(MSC : Mobile Switching Centers)에 연결되어 있다. MSC는 전형적인 스위칭 기능, 조정된 위치 등록, 호 전송 등의 기능을 한다. 이것은 공중 교환 전화망(PSTN :

Public Switched telephone network)과 같은 유선 기간망과 SS7(Signaling System no.7)(Lin 등 1995; Meier-Hellstern 등 1992)과 같은 제어 신호 네트워크에 연결된다.

전화망과 같은 유선 네트워크에서는 단말기의 위치가 고정되어 있다. 그러므로 별도의 위치관리가 필요하지 않다. 그러나 셀룰러망에서는 이동하고 있는 모바일 사용자들이 현재의 자신의 위치나 이동성 유형과 상관없이 통신이 가능하여야 하므로 MS의 위치를 알기 위해서는 네트워크 위치등록기와 같은 네트워크 기기가 필요하다. 이동 통신망에서는 홈 위치등록기(HLR : Home Location Register)와 방문객 위치 등록기 (VLR : Visitor Location Register)에 의한 2 레벨의 계층구조로 위치 관리를 수행한다.

MSC는 특정 VLR과 연관이 있어 대개 일대일 대응을 하고, 여러 BSC들을 관리한다. 하나의 MSC/VLR 밑에는 하나의 LA가 존재할 수도 있고 여러 개의 LA가 존재할 수도 있다. 전체 네트워크 상에서 HLR은 오직 하나만 존재하게 된다.

2. 위치등록기의 데이터베이스 구조

1) HLR의 데이터베이스의 구조

HLR은 모든 가입자의 마스터 데이터를 수록하고 망의 구성 요소에 정보를 제공하며 VLR의 자료를 실시간으로 전송받아 저장한다. HLR은 <Table 1>~<Table 3>과 같이 세가지 유형의 데이터 스키마로 구성되어 있다.(한국전자통신연구원 1999)

<Table 1>의 데이터 항목은 가입자가 처음에 서비스 가입시 초기값이 결정되어 HLR에 저장되어 서비스 해지시 까지 그 값이 변하지 않는 데이터이다. 이러한 데이터들은 가입 초기에 HLR에 의하여 초기값이 할당되기도 하고 혹은 다른 곳에서 이미 할당된 후 그 대로 HLR에 저장되기도 한다.

Table 1. Fixed database schema of HLR

데이터 항목	약칭	길이	속성	기타
International Mobile Station Identity	IMSI	9	Fixed	Key
Mobile Directory Number	MDN	12	Fixed	Key
Electronic Serial Number	ESN	4	Fixed	Key

<Table 2>는 가입자가 서비스 가입 시 미리 정해진 기본값이나 가입자의 희망 값으로 그 값이 결정되며 이 후 서비스 수행 중 가입자의 요구에 의하여 혹은 운용적인 목적으로 그 값이 변경되어 질 수 있는 데이터이다.

Table 2. Static database schema of HLR

데이터 항목	설명	길이
Mobile Station Information	이동 단말기 권한 관련 정보	1
Authorization Period	이동 단말기 권한 승인 기간	2
Denied Authorization Period	이동 단말기 권한 불허 기간	2
Geographic Authorization	이동 단말기의 지역적 권한 여부	1
Original Indicator	발호 시 허용되는 호의 종류	1
Original Triggers	가입자에게 현재 활성화 되어 있는 발신 트리거 지점	4
Termination Restriction Code	착호 시도 시 허용되는 호의 종류	1
Termination Triggers	가입자에게 현재 활성화 되어 있는 착신 트리거 지점	2
Priority Access and Channel Assignment Indicator	우선순위 액세스 및 채널 할당에 대한 활성화 여부와 우선순위 레벨	1
Preferred Language Indicator	가입자가 선호하는 언어 상태와 내용	1

<table 3>은 가입자의 서비스 가입 시 초기값이 없는 상태로 저장되며, 이 후 호 설정 등 이동단말기의 서비스 행위 값에 의하여 그 값이 결정되는 데이터이다. 또한 결정된 값은 가입자의 인식 없이 수시로 그 값이 변경 될 수 있다.

Table 3. Dynamic database schema of HLR

데이터 항목	설명	길이
Location Area ID	가입자 위치 식별자	2
Mobile Station Status	이동 단말기 상태 정보	1
Restriction Digits	발호가 허용되는 번호의 일부 혹은 전체	12
Routing Digits	특수 라우팅 정보	12
Serving MSC Address	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 MSC의 PCSSN(Point-Code and optional SubSystem Number) 정보	5
Serving VLR Address	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 VLR의 PCSSN 정보	5
Serving MSC digits	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 MSC의 digit 형태의 주소 정보	12
Serving VLR digits	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 VLR의 digit 형태의 주소 정보	12
Serving MSC ID	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 MSC의 ID	3
Serving VLR ID	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 VLR의 ID	3
No Answer Time	이동 단말기 무응답 판정을 위한 최대 허용시간	2
Control Channel Data	이동 단말기 위치 등록 시의 제어 채널에 대한 정보	4
Received Signal Quality	위치 등록 시 이동 단말기가 수신한 신호레벨의 강도	1
System Access Data	이동 단말기가 위치한 셀 식별자	5

2) VLR의 데이터베이스의 구조

<Table 4>는 VLR의 데이터베이스 스키마이며, 여기에는 HLR과 정보를 교환하기 위한 정보들이 포함되어 있다.(한국전자통신연구원 1999)

Table 4. Database schema of VLR

데이터 항목	설명	길이	기타
International Mobile Subscriber Identity	가입자 고유 식별번호	9	Key
Temporary Mobile Subscriber Identity	가입자 임시 식별번호	12	Key
Electronic Serial Number	이동 단말기 장치 번호	4	Key
Mobile Directory Number	가입자 전화번호	12	
Mobile Station Status	이동 단말기 상태 정보	1	
Location Area ID	가입자 위치 식별자	2	
Serving MSC Address	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 MSC의 PCSSN 정보	5	
HLR Address	이동 단말기의 홈 HLR PCSSN 정보	5	
Serving MSC digits	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 MSC의 digit 형태의 주소 정보	12	
HLR digits	이동 단말기의 홈 HLR digit 형태의 주소 정보	12	
Serving MSC ID	이동 단말기가 위치하는 곳을 담당하는 MSC의 ID	3	
HLR ID	이동 단말기의 홈 HLR ID	4	
No Answer Time	이동 단말기 무응답 판정을 위한 최대 허용시간	2	
Received Signal Quality	위치 등록 시 이동 단말기가 수신한 신호레벨의 강도	1	
System Access Data	이동 단말기가 위치한 셀 식별자	5	

3. 위치 관리 과정

위치관리 과정은 크게 두 가지로 구성되는데 하나는 위치 등록 과정이고 다른 하나는 호 설정 과정이다. 위치 등록 과정은 이동 단말기가 새로운 위치 등록 영역으로 이동할 때 마다 발생하고, 호 설정 과정은 이동단말기 사이에 통신을 요구할 때 발생한다.

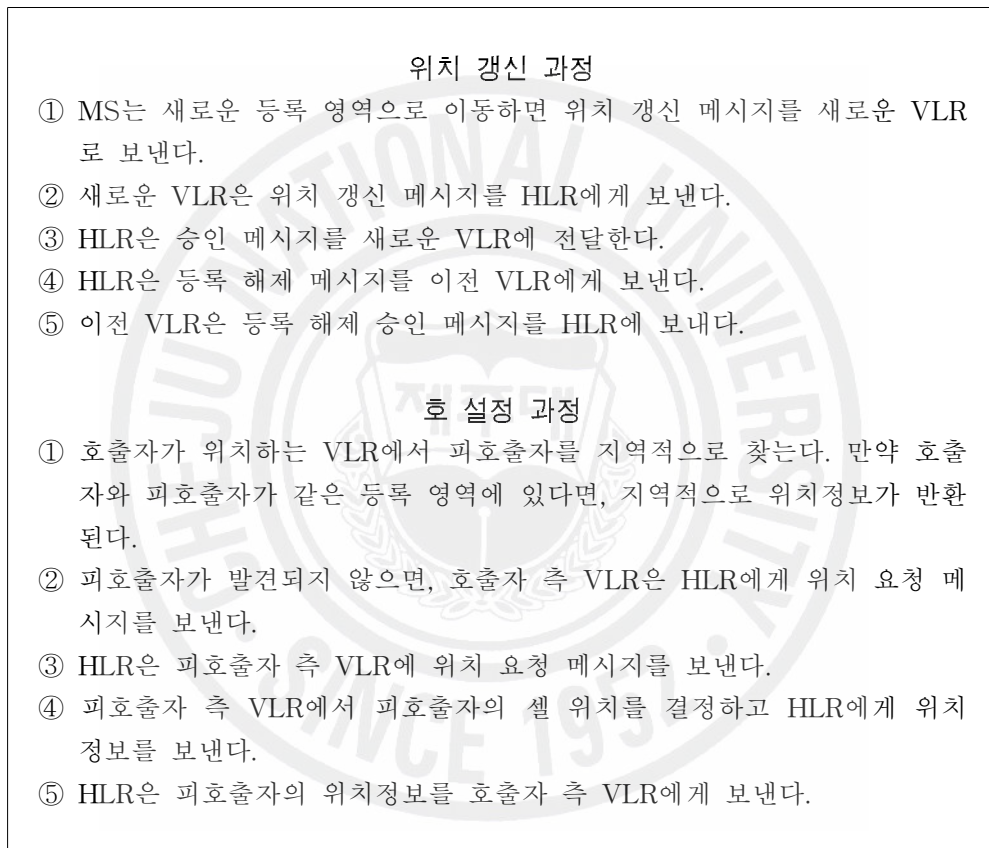


Figure 2. The location management algorithm

위치 등록 과정의 목적은 이동단말기의 위치정보를 시스템에 전송하는 것이다. MS가 새로운 이동 영역으로 진입하거나 전원이 켜지거나 꺼질 때, 갱신해야 할 위치정보를 네트워크로 보낸다. 호 설정 과정의 목적은 피호출자의 위치를 찾는 것이다. 피호출자의 위치를 찾는 과정은 두 단계로 구성된다. 첫 단계는 피호출

자의 페이징 영역을 찾기 위한 질의 단계이다. 두 번째 단계는 피호출자를 찾기 위해 페이징 영역의 모든 셀에 메시지를 브로드캐스트하는 페이징 단계이다. <Figure 2>는 모바일 사용자의 이동에 따른 위치 갱신에 대한 시그널링 흐름과 모바일 사용자의 연결을 설정하기 위한 위치 결정에 대한 시그널링 흐름을 보여 주고 있다(Kruijt 등 1998; Kim 등 1999)

4. 기존의 위치 갱신 기법들

셀룰러망에서 위치갱신을 위한 트래픽은 최소화 되어야 한다. 따라서, 현재까지 다양한 위치 갱신 기법들이 연구되어져 왔다. 이 절에서는 기존에 연구되었던 주요한 위치 갱신 기법에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

1) 위치 갱신을 하지 않는 방법

이 기법은 모바일 사용자의 위치갱신을 전혀 하지 않는 방법이다. 그래서 특정 모바일 사용자를 찾기 위해서는 셀룰러망 전체를 찾아야 한다. 그러므로 호 신호 연결 지연이 길어지게 된다.

2) 고정 위치 영역 기법(Kruijt 등 1998; Yeung 등 1995)

가장 기본이 되는 기법으로 셀들의 그룹인 LA가 똑같은 크기로 분할되어져 있다. MS는 한 LA에서 다른 LA로 이동할 때마다 위치 갱신을 한다. 호가 들어오면 시스템은 호출된 MS가 위치하는 LA의 모든 셀을 페이징한다. 최적의 LA의 크기를 얻기 위한 기법이 제시되어져 있다(Thomas 등 1998). MS가 인접한 두 LA 사이의 경계를 왔다갔다하는 경우 불필요한 위치 갱신이 자주 발생하는 단점이 있다. 이런 LA 경계 셀에 집중되어 있는 위치 갱신 비용을 줄이기 위한 방법으로 오버랩 기법들이 제시되어졌다.

3) 순방향 포인터 기법(Jain 등 1995; Lin 등 1998)

MS가 최초로 위치를 등록할 때 VLR과 HLR에 위치를 등록하고, 등록된 지역을 벗어날 때는 이전 VLR로 메시지를 전송하여 현재 VLR를 가리키는 순방향 포인터를 설정하도록 하고 HLR에게는 알리지 않는다. 단 순방향 포인터 체인이 미리 정해진 길이 K 를 넘을 때에는 이전의 순방향 포인터 체인을 끊고 HLR에 위치 갱신을 하여 연결 설정 지연이 일정 시간을 초과하지 않도록 한다.

4) 그룹화 기법(Weng 등 2000)

모든 셀을 그룹화시키고, 그 결과 그룹은 N 개의 셀로 구성되며 기본적인 방법보다 갱신율을 $4\sqrt{N-1}/3N$ 정도 줄일 수 있다. 그룹 방법은 모바일 사용자가 새로운 그룹에 들어갈 때만 갱신이 수행된다. 시스템은 모바일 사용자가 호출되면 모바일 사용자를 찾기 위해 단지 해당 그룹만 찾으면 된다. 그러므로 다른 기법보다 단순하며 효율적이다.

5) 오버랩 기법(Gu 등 1999; Chu 등 1997; Colombo 등 1994)

고정 위치 영역 기법에서 LA 경계 셀에 집중되어 있는 위치 갱신 비용을 줄이기 위한 방법으로 제안된 기법이다. LA 경계가 오버랩 된 기법과 LA들이 완벽하게 오버랩 된 기법 등이 있다. 오버랩 기법에서는 겹쳐진 셀을 완전히 지나가야 위치 갱신이 일어나므로 불필요한 위치 갱신을 줄일 수 있는 장점이 있는 반면에 LA들이 겹쳐진 만큼 더 많은 수의 MSC가 필요하고 오버랩 영역을 관리하기 위해서는 추가적인 네트워크 기능들이 요구되어 진다.

6) 다중 계층 기법(Yeung 등 1995; Akyildiz 등 1996)

다중 계층 기법(multi-layered scheme)은 그룹화(grouping)와 중첩화(overlapping)의 원리를 이용한 기법으로서, 그룹화는 위치 등록 트래픽을 분산시키기 위한 목적으로, 중첩화는 핑퐁 효과(ping-pong effect)를 예방하기 위해 수행된다. MS가 자신의 이동성 패턴과 호 도착률에 의해서 동적으로 여러 그룹 중 하나에 등록한다.

7) 가상 계층 기법(Chung 등 2001)

원래 LA 계층을 Layer-1이라 하고, 이와 동일한 모양의 가상 계층을 원래 LA 계층에 오버랩하고 이를 Layer-2라고 한다. LA들이 완벽하게 오버랩 된 기법과 비교하였을 때 모든 셀이 두개의 LA에 속해 있다는 점에서는 유사하나 가상계층 개념을 도입하여 오버랩 영역의 관리를 보다 쉽게 하였다.

8) 동적 갱신 기술

거리 기반 갱신(Bar-Noy 등 1995; Ho 등 1995a; Madhow 등 1995; Yeung 등 1995), 이동성 기반 갱신(Akyildiz 등 1996; Bar-Noy 등 1995; Yeung 등 1995; Das 등 1999), 그리고 시간 기반 갱신(Das 등 1999; Ho 등 1995b; Lin 등 1998; Rose 1996; Xie 등 1993; Yeung 등 1995)의 세가지 방법은 갱신에 사용되는 임계값의 종류에 따라 이름이 붙여졌다. 거리 기반 갱신은 MS가 마지막 위치 갱신 셀로부터 이동한 거리가 어떤 한계값 D 를 넘었을 때 새로운 갱신이 시작된다. 이동성 기반 갱신은 MS가 M 개의 셀 경계를 가로질러 갔을 때 위치 갱신을 한다. 시간 기반 갱신은 MS의 이동성과 들어오는 호 도착율에 관계없이 고정된 시간간격마다 그 위치를 갱신한다.

9) Hybrid 방식을 이용한 위치관리 기법(박태준 등 2004)

이동 기반 위치 갱신 기법과 시간 기반 위치 갱신 기법을 혼합한 새로운 Hybrid 위치 관리 갱신 기법으로, 셀 이동 횟수인 이동 임계값 d 를 초과한 후 설정된 타이머 값 T 를 초과할 때 위치 갱신 기법을 실행하여 기존의 위치 갱신 기법들이 가지고 있는 불필요한 위치 갱신 비용을 줄였다.

10) 이동 단말기의 방향성을 고려한 위치관리 기법(Hwang 2000)

MS의 이동 방향을 감지하여 위치 등록 이후 MS가 방향을 바꾸지 않은 상태로 임계 거리(distance threshold) 내에서 이동하는 동안에는 위치 갱신을 하지 않는 방법이다. MS가 이동 방향을 바꾸는 경우에만 위치 갱신을 하기 때문에 동일한 방향으로 라인 페이징(line paging)을 함으로써 페이징 비용을 감소시킬 수

있다는 장점을 가지고 있으나, 자주 방향을 바꾸는 MS의 경우에는 잦은 위치 등록을 수행하기 때문에 위치 관리 비용이 오히려 증가하는 단점이 있다.

11) 고속이동 노드 위치 갱신 기법(송의성 등 2003)

MS의 이동성과 이동 방향성을 고려하여 위치 영역을 구성할 때 MS들이 저속으로 이동하는 영역들의 집합과 MS들이 고속으로 이동하는 영역들의 집합으로 구성하고 각 집합에 대해 서로 다른 위치 관리 기법을 적용하는 방법이다. 고속으로 이동하는 영역들의 집합에서는 이동률이 호 도착률보다 높다는 점을 고려하여 이동 중 다음 위치를 미리 예측하여 불필요한 위치 갱신을 감소시키도록 하는 기법이다.

12) 특성화 LA 기법(Tabbane 1995)

대부분의 모바일 사용자는 국부적이고 예측 가능한 이동 패턴을 가지고 있다는 가정 하에 각각의 이동 성향을 고려한 개인적 위치 통계(Tabbane, 1995; Tabbane 1996; Kim 등 1996)에 근간을 둔 LA를 형성한다. 고정 위치 영역기법 처럼 LA의 크기를 일정하게 정하지 않고 자주 방문한 위치들을 군집화하여 특성화된 LA를 만든다.

13) 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 기법(장성식 등 2004)

이동 단말기가 새로운 LA로 진입할 때 그 LA에서 호 수신 확률과 현재까지의 위치 갱신 생략 횟수를 고려하여 위치 갱신 여부를 결정한다. 이 때 호 수신 확률은 이동 단말기의 이동 성향에 관한 예측 정보에 의해서 계산된다. 예측 정보가 맞을 경우 위치 갱신 비용을 상당히 줄일 수 있으며 예측 정보가 어긋나더라도 최소한 기존 표준안(IS-41)의 위치 관리 비용을 초과하지 않는다.

5. 계층구조를 이용한 위치관리 기법

본 논문의 배경이 되는 위치관리 기법인 계층구조를 이용한 위치관리 기법 (Shin 등 2003)을 이 절에서 간략히 소개하고자 한다. 기존 GSM에서는 모바일 사용자의 수가 증가함에 따라 HLR에 대하여 병목 현상이 나타나게 된다. 계층구조를 이용한 위치관리 기법은 기존 GSM에서의 LA를 군집화한 SLA(Super LA) 개념을 도입하여 SLA내의 LA들내에서의 MS의 이동은 HLR 갱신이 필요 없도록 하여 HLR의 부하를 감소시키는 것이 목적이다.

1) 기본구조

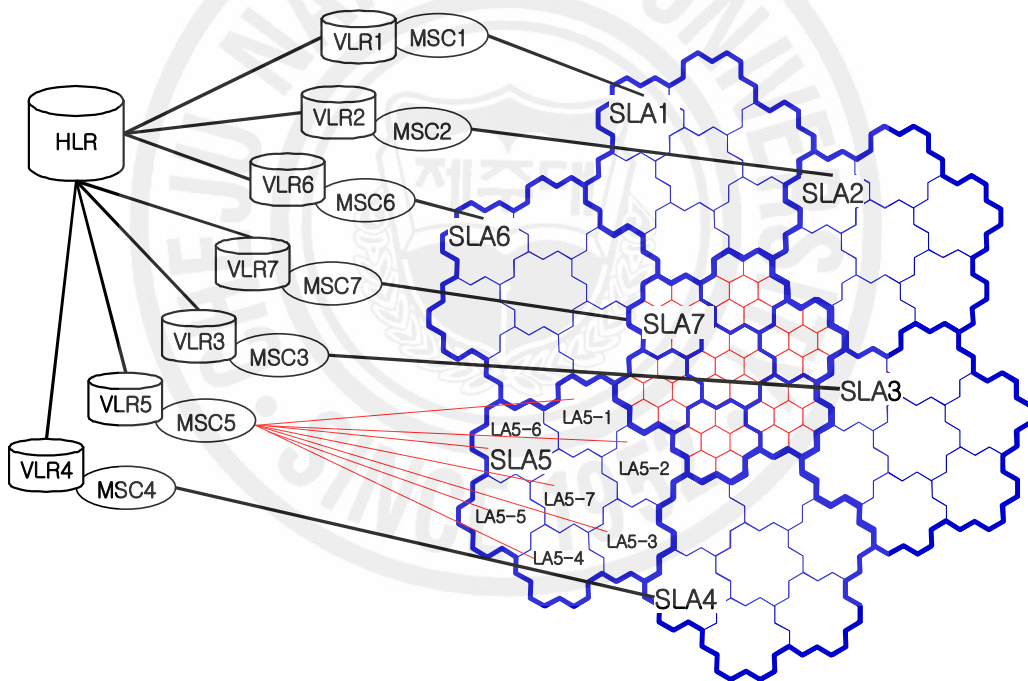


Figure 3. The SLA architecture using hierarchical structure

계층구조를 이용한 위치관리 기법은 LA와 VLR/MS 사이에 SLA를 둬므로써 HLR에 대한 집중되는 갱신 트래픽을 감소시킨다. 여러 개의 LA를 그룹화하여 보다 큰 군집인 SLA를 구성하였다. 결국 위치관리에 있어서 제안된 기법은 SLA를 이용하여 계층적으로 할 수 있다. <Figure 3>은 SLA가 7개의 LA를 그

그룹화하여 이루어졌을 경우의 구조를 보여주고 있다. 그림에서 보면 사실상 모든 SLA내의 모든 LA들은 SLA5처럼 하나의 MSC/VLR과 연결되어 관리되어진다. GSM에서는 한 LA당 한 MSC/VLR에 의해 관리되었으나 여기서는 그룹화된 각각의 SLA가 하나의 MSC/VLR의해 관리되어진다.

2) LAI의 구조

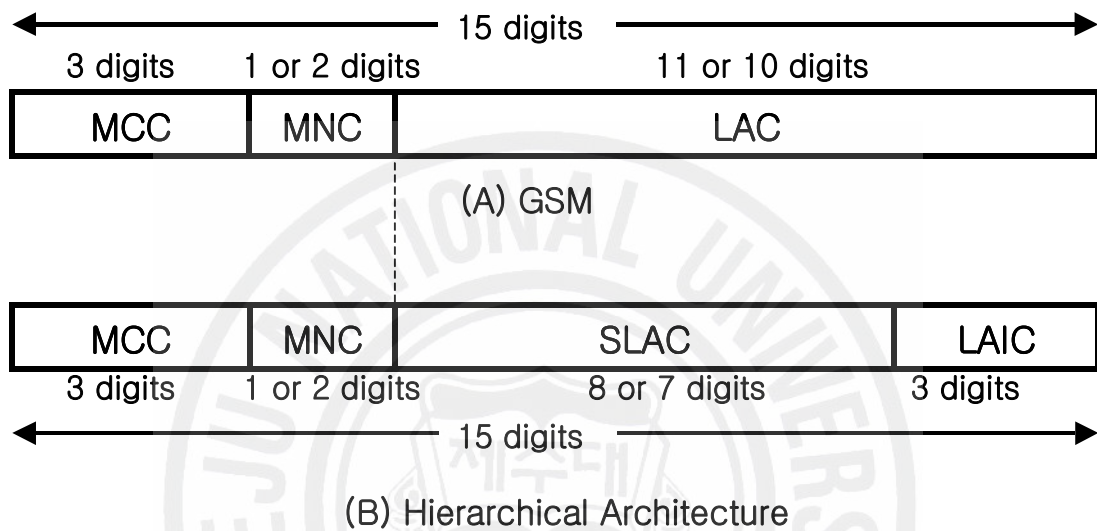


Figure 4. The LAI Architecture

계층구조를 이용한 위치관리 기법에서는 기존 GSM에서의 LAI(LA Identifier)의 구조에서 약간 변경된 LAI를 사용한다. 모바일 국가 코드(MCC : Mobile Country Code)와 모바일 네트워크 코드(MNC : Mobile Network Code)는 계층구조를 이용한 위치관리 기법의 LAI에서도 동일한 구조이지만 위치 영역 코드(LAC : Location Area Code)는 약간 변경되어 슈퍼 위치 영역 코드(SLAC : Super Location Area Code)와 SLA내 위치 영역 구분 코드(LAIC : Location Area Identification Code)으로 구성된다. 따라서 SLAC 분석만으로도 같은 SLA에 속하는 LA인지의 여부를 판별할 수 있으므로 실제로 VLR과 LA사이에 계층구조를 형성하게 되는 것이다.

III. 제안기법

1. 개요

셀룰러망은 <Figure 5>과 같이 정육각형의 셀들로 구성되어 있다고 가정한다. 링 개념(Bar-Noy 등 1995)을 사용하여 다음과 같이 정의 한다. LA의 크기는 LA를 구성하는 셀의 링의 개수 d 로 표현하고, 이 LA의 링은 중심 셀로부터 가장자리 셀까지 1, 2, ..., d 로 번호를 매긴다. 따라서 <Figure 5>에서 (A), (B), (C), (D) 영역은 각각 LA의 크기가 $d=1$, $d=2$, $d=3$, $d=4$ 인 LA를 의미한다.

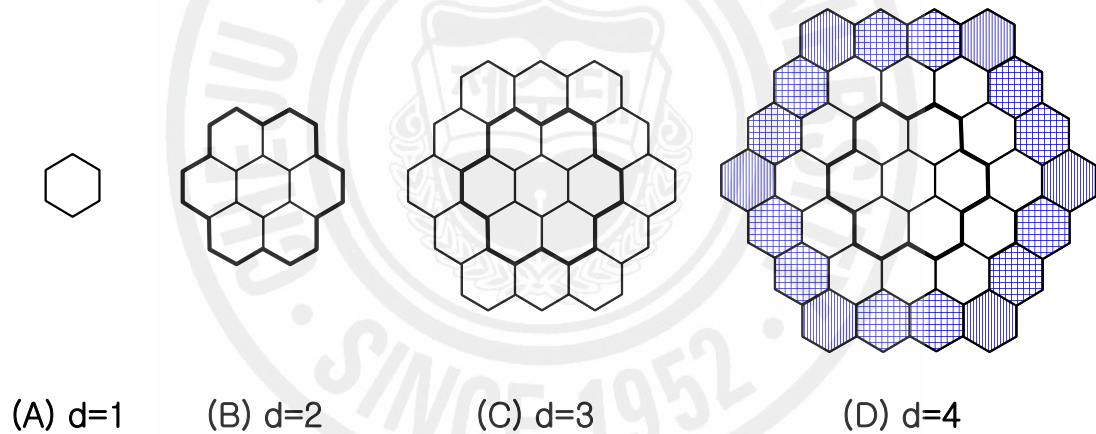


Figure 5. The LA having d rings

SLA도 링 개념을 사용하여 LA들이 크기가 d_s 인 링을 이룬다고 가정하였다. <Figure 6>는 크기가 3인 LA들이 크기가 4인 SLA를 구성하는 예를 보여준 것이다. 또한, SLA들 역시 링으로 배열되어 전체 셀룰러망을 이룬다고 가정하고, 이때의 망의 크기를 d_H 로 나타내도록 하겠다. 이 모델에서 정의한 표기법은 <Table 5>과 같다.

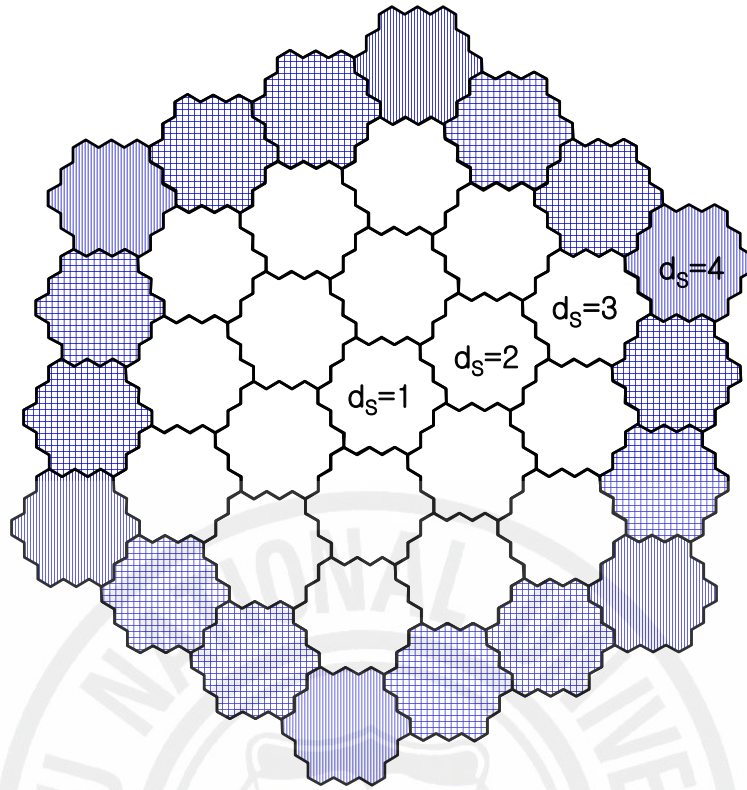


Figure 6. The SLA having d_s rings

Table 5. The notations

\bar{K}	한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균 수
K_{MS}	전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수
d	한 LA의 크기
d_s	한 SLA의 크기(LA들로 이루어진 링의 개수)
\bar{T}_d	사용자당 평균 셀 거주 시간
c	이웃하는 셀의 중심 간의 거리
N_c	한 LA 내의 셀 수 : $3d^2 - 3d + 1$
N_{bc}	한 LA 내의 경계 셀 수 : $6(d-1)$
N_{Sc}	한 SLA 내의 셀 수 : $(3d^2 - 3d + 1)(3d_s^2 - 3d_s + 1)$

N_{Sbc1}	SLA에서 경계 LA 중 꼭지점에 위치한 1개의 LA의 경계 셀 수
N_{Sbc2}	SLA에서 경계 LA 중 변에 위치한 1개 LA의 경계 셀 수
N_{SLa}	한 SLA 내의 LA 수 : $3d_s^2 - 3d_s + 1$
N_{Sbla}	한 SLA 내의 경계 LA 수 : $6(d_s - 1)$
$\overline{V_{LA}}$	LA의 평균 VLR 위치 갱신을
$\overline{V_{SLA}}$	SLA의 평균 VLR 위치 갱신을
V	VLR 전체 갱신을
$\overline{H_{SLA1}}$	SLA의 경계 LA 중 꼭지점에 위치한 LA에서의 평균 HLR 위치 갱신을
$\overline{H_{SLA2}}$	SLA의 경계 LA 중 변에 위치한 LA에서의 평균 HLR 위치 갱신을
H	HLR 전체 갱신을
d_H	전체 셀룰러망의 크기(SLA들로 이루어진 링의 개수)
$[d_H]$	d_H 를 넘지 않는 최대 정수
K_{SLA}	전체 셀룰러망에서의 SLA 개수
K_{bSLA}	전체 셀룰러망에서의 가장 외곽에서 링을 완성하지 못한 SLA 개수
$\overline{C_{VLR}}$	VLR에 대한 평균 갱신 비용
$\overline{C_{HLR}}$	HLR에 대한 평균 갱신 비용
C	전체 셀룰러망에서의 총비용
l_{LA}	이웃한 LA 중심 간의 거리
l_{SLA}	이웃한 SLA 중심 간의 거리
l_{SLA1}	하나의 SLA에서 SLA 중심과 경계셀 사이의 거리 중 가장 큰 거리

2. VLR 전체 갱신을 계산 공식

평균 위치 갱신율은 Madhow(1995)와 Yeung(1995)에서의 거주 시간 개념을 이용하였다. 모바일 사용자가 어떤 한 셀에 거주시간은 $\overline{T_d}$ 을 평균으로 갖는 지수분포를 따른다고 가정하자. 평균 셀 거주시간인 $\overline{T_d}$ 은 성공적인 셀 변경 사이의 시간 간격을 의미한다. 현재 셀에서 거주시간 $\overline{T_d}$ 가 만기되었을 때 모바일 사용자는 1/6의 확률로 이웃 셀들 중 하나로 이동한다. 또한 모바일 사용자의 이동은 확률적이고 독립적인 균형이 존재한다고 가정한다.

<Figure 5>에서처럼 LA의 크기 d 에 따른 한 LA 내의 경계 셀 수는 $d \geq 2$ 일 때 6, 12, 18, ... 로 등차수열을 이루므로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며, LA 내의 총 셀의 수 N_c 는 식 (1)에 대한 수열의 합이므로 식 (2)와 같다.

SLA 역시 <Figure 6>과 같이 링 구조를 이루므로 SLA 내의 경계 LA 수 N_{sla} 는 식 (3)과 같으며 한 SLA 내의 LA 수 N_{sla} 는 식 (4) 와 같다. 따라서 한 SLA 내의 셀 수는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$N_{bc} = 6(d - 1) \quad (1)$$

$$N_c = 3d^2 - 3d + 1 \quad (2)$$

$$N_{sla} = 6(d_s - 1) \quad (3)$$

$$N_{sla} = 3d_s^2 - 3d_s + 1 \quad (4)$$

$$N_{sc} = (3d^2 - 3d + 1)(3d_s^2 - 3d_s + 1) \quad (5)$$

LA에서 VLR에 대한 위치 갱신은 경계 셀에는 있는 모바일 사용자가 해당

LA를 벗어 날 때 발생한다. LA의 크기가 4일 때를 살펴보면, <Figure 5>의 (D)에서 수직선 무늬로 표시된 영역은 경계 셀 들이 육각형 모양을 이룰 때 꼭지점에 위치하는 부분으로 이 영역에 있는 모바일 사용자들은 자신이 속한 LA에서 다른 LA내의 셀로 이동할 확률이 3/6이 된다. 그리고 격자 무늬로 표시된 나머지 경계 셀에 있는 모바일 사용자들은 2/6의 확률로 다른 LA로 이동하게 된다. 따라서 LA의 평균 VLR 위치 갱신을 $\overline{V_{LA}}$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}\overline{V_{LA}} &= 6 \times \frac{3}{6} \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d} + \{6(d-1)-6\} \times \frac{2}{6} \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d} \\ &= (2d-1) \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d}\end{aligned}\quad (6)$$

그러면, SLA의 평균 VLR 위치 갱신을 $\overline{V_{SLA}}$ 은 SLA에 있는 모바일 사용자가 현재의 LA에서 다른 LA로 이동할 때 마다 발생하므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\overline{V_{SLA}} = N_{SLA} \times \overline{V_{LA}} = (3d_s^2 - 3d_s + 1) \times (2d-1) \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d}\quad (7)$$

전체 셀룰러망에서의 SLA의 개수 K_{SLA} 는 총 모바일 사용자 수를 한 SLA내의 모바일 사용자 수로 나누어 계산할 수 있다.

$$K_{SLA} = \frac{K_{MS}}{N_{Sc} \times \overline{K}} = \frac{K_{MS}}{(3d^2 - 3d + 1)(3d_s^2 - 3d_s + 1) \times \overline{K}}\quad (8)$$

따라서 VLR 전체 갱신을 V 는 SLA의 평균 VLR 위치 갱신율에 전체 셀룰러망에서의 VLR의 개수인 SLA의 개수를 곱하여 구할 수 있다.

$$V = K_{SLA} \times \overline{V_{SLA}} = \frac{(2d-1)}{(3d^2 - 3d + 1)} \times K_{MS} \times \frac{1}{T_d}\quad (9)$$

3. HLR 전체 갱신을 계산 공식

HLR 위치 갱신은 SLA에서 경계 셀에 위치한 모바일 사용자가 다른 SLA로 이동할 때 발생한다. 따라서 하나의 SLA에서 발생하는 HLR 위치 갱신율을 구하고, 그 값에 전체 셀룰러망에서의 SLA 개수 $\overline{K_{SLA}}$ 를 곱하여 HLR 전체 갱신율 H 를 구할 수 있다.

하나의 SLA에서 발생하는 HLR 위치 갱신율을 구하기 위하여 먼저 HLR 위치 갱신이 발생하는 셀이 포함된 경계 LA를 생각하여 보자. <Figure 6>를 보면 한 SLA에서 경계 LA들이 육각형을 형성함을 알 수 있다. 그림에서 수직선 무늬로 표시된 꼭지점에 위치한 경계 LA와 격자 무늬 부분인 변에 위치한 경계 LA로 구분하여 각각의 HLR 위치 갱신율을 계산하겠다. 여기에서 SLA에서 꼭지점에 위치한 LA와 변에 위치한 LA는 <Figure 7>의 (A), (B)와 같다.

1개의 꼭지점 LA에서의 경계 셀의 수 N_{Sbc1} 는 <Figure 7>의 (A)에서 무늬가 있는 영역의 개수와 같다. (A)에서 LA의 크기는 d 이고, 경계셀은 LA의 3개의 면에 위치하므로 식 (10)과 같이 표현할 수 있으며, 변에 위치한 1개의 LA의 경계 셀의 수 N_{Sbc2} 는 (B)에서 무늬가 있는 영역의 개수와 같다. (B)에서 경계셀은 LA의 2개의 면에 위치하므로 식 (11)과 같이 구할 수 있다.

$$N_{Sbc1} = 6(d-1)\frac{3}{6} + 1 = 3(d-1) + 1 \quad (10)$$

$$N_{Sbc2} = 6(d-1)\frac{2}{6} + 1 = 2(d-1) + 1 \quad (11)$$

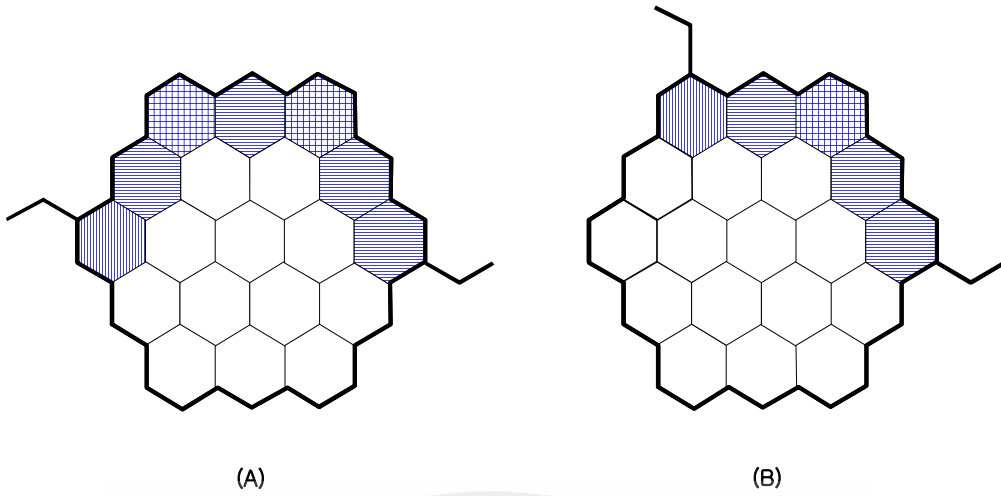


Figure 7. (A) A vertex LA in SLA. (B) A side LA in SLA

<Figure 7>의 (A)에서 수직선 무늬 셀은 총 1개가 있으며, 이 셀에 있는 모바일 사용자는 다른 SLA로 이동할 확률이 1/6이 된다. 격자 무늬 셀은 총 2개이며, 이 격자 무늬 셀에 있는 모바일 사용자는 3/6의 확률로 다른 SLA로 이동한다. 나머지 수평선 무늬 셀의 개수는 식 (10)에서 3을 뺀 값이며, 이 수평선 무늬 셀에 있는 모바일 사용자는 2/6의 확률로 다른 SLA로 이동한다. <Figure 6>에서 보면 알 수 있듯이 SLA에서 꼭지점에 해당하는 경계 LA는 6개가 있으므로 SLA의 경계 LA 중 꼭지점에 위치한 LA에서의 평균 HLR 위치 갱신을 $\overline{H_{SLA1}}$ 은 식 (12)와 같다.

$$\begin{aligned} \overline{H_{SLA1}} &= 6 \times \left[1 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{3}{6} + \{3(d-1)-2\} \times \frac{2}{6} \right] \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d} \\ &= (6d-3) \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d} \end{aligned} \quad (12)$$

<Figure 7>의 (B)에서 수직선 무늬 셀은 총 1개가 있으며, 이 셀에 있는 모바일 사용자는 다른 SLA로 이동할 확률이 1/6이 된다. 격자 무늬 셀 역시 1개가 있으며, 이 격자 무늬 셀에 있는 모바일 사용자는 3/6의 확률로 다른 SLA로 이동한다. 나머지 수평선 무늬 셀의 개수는 식 (11)에서 2를 뺀 값이며, 이 수평선

무선 셀에 있는 모바일 사용자는 2/6의 확률로 다른 SLA로 이동한다. SLA의 경계 LA 중 변에 위치한 LA의 개수는 식 (3)에서 꼭지점 LA의 개수 6을 뺀 것과 같다. 따라서 $\overline{H_{SLA2}}$ 은 식 (13)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}\overline{H_{SLA2}} &= \{6(d_s - 1) - 6\} \\ &\times \left[1 \times \frac{1}{6} + 1 \times \frac{3}{6} + \{2(d-1) - 1\} \times \frac{2}{6} \right] \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d} \\ &= (d_s - 2)(4d - 2) \times \overline{K} \times \frac{1}{T_d}\end{aligned}\quad (13)$$

HLR 전체 갱신율은 SLA의 평균 HLR 위치 갱신율에 식 (8)의 K_{SLA} 를 곱하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}H &= (\overline{H_{SLA1}} + \overline{H_{SLA2}}) \times K_{SLA} \\ &= \frac{(2d_s - 1)(2d - 1)}{(3d_s^2 - 3d_s + 1) \times (3d^2 - 3d + 1)} \times K_{MS} \times \frac{1}{T_d}\end{aligned}\quad (14)$$

4. VLR에 대한 평균 갱신 비용 계산 공식

본 논문은 HLR과 VLR에 대한 총 갱신비용을 계산하여 최소비용이 되는 SLA의 크기를 구하는 것이 목적이므로 SLA의 크기에 따라 영향을 받는 비용인자만을 고려하면 된다.

SLA중심에 VLR이 위치한다고 가정하고, SLA중심과 VLR갱신이 발생하는 LA들의 경계영역 사이의 평균 거리를 VLR 갱신에 따른 비용으로 추정할 수 있다.

<Figure 8>은 크기가 3인 하나의 SLA를 구조를 나타내고 있다. 여기에서 수평선 무선의 영역은 SLA를 이루는 LA의 경계 셀로써 VLR 갱신이 발생하는 부

분에 해당한다.

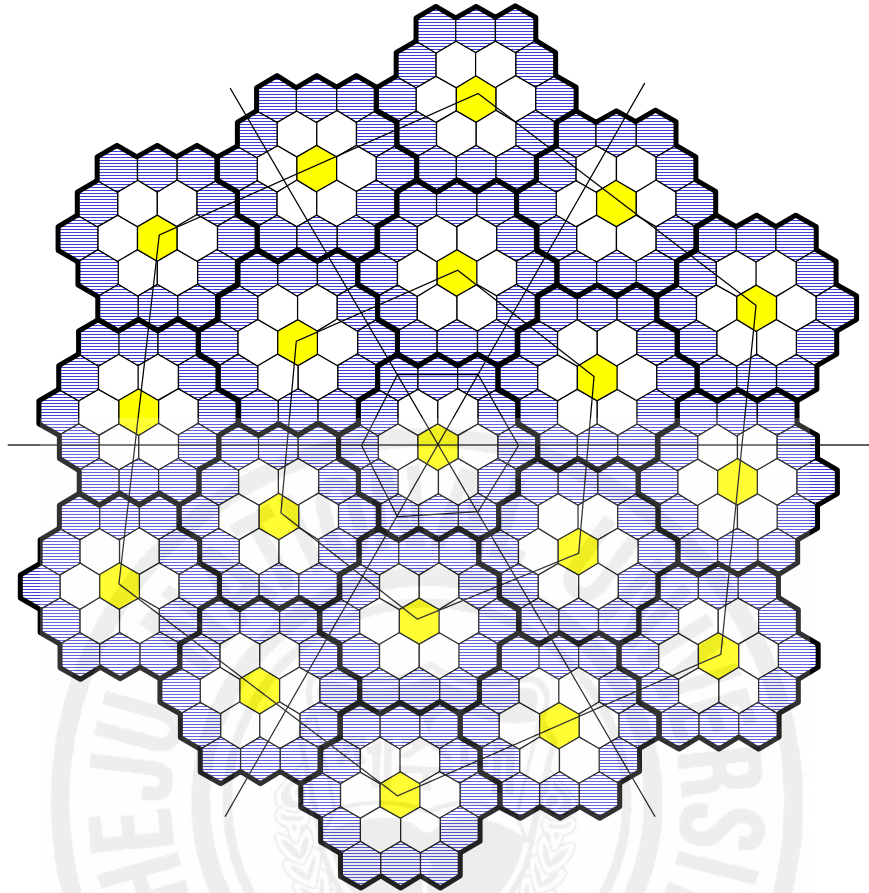


Figure 8. An SLA Architecture

그림에서 SLA 중심에 있는 LA에서 VLR 갱신이 발생하는 경계 셀들의 중심으로부터의 평균거리는 경계 셀의 중심을 이은 정육각형의 도형의 중심으로부터 변까지의 평균거리가 된다. 이 평균 거리는 정육각형과 넓이가 같은 원의 반지름을 구함으로써 계산할 수 있다.

또한, SLA의 크기가 2인 위치에 있는 LA들의 VLR 갱신이 발생하는 수평선 무늬 셀들의 VLR로부터의 평균 거리는 각각의 LA들의 중심 셀을 이은 정육각형에서 도형의 중심으로부터 변까지의 평균거리에 근사치를 이룸을 알 수가 있다. 마찬가지로 방법으로 SLA의 크기가 3인 위치에 있는 LA들의 VLR 평균 갱신비용을 계산할 수 있다.

이제 SLA에서 각각의 LA의 중심까지의 거리를 계산하여 보겠다. <Figure 8>

에서 LA들이 구성한 육각형의 한 변에 해당되는 부분만을 확대하여 살펴보도록 하겠다. <Figure 9>은 크기가 4인 SLA에서 LA들이 구성한 육각형의 중심에서 6등분한 하나의 정삼각형을 그린 것이다.

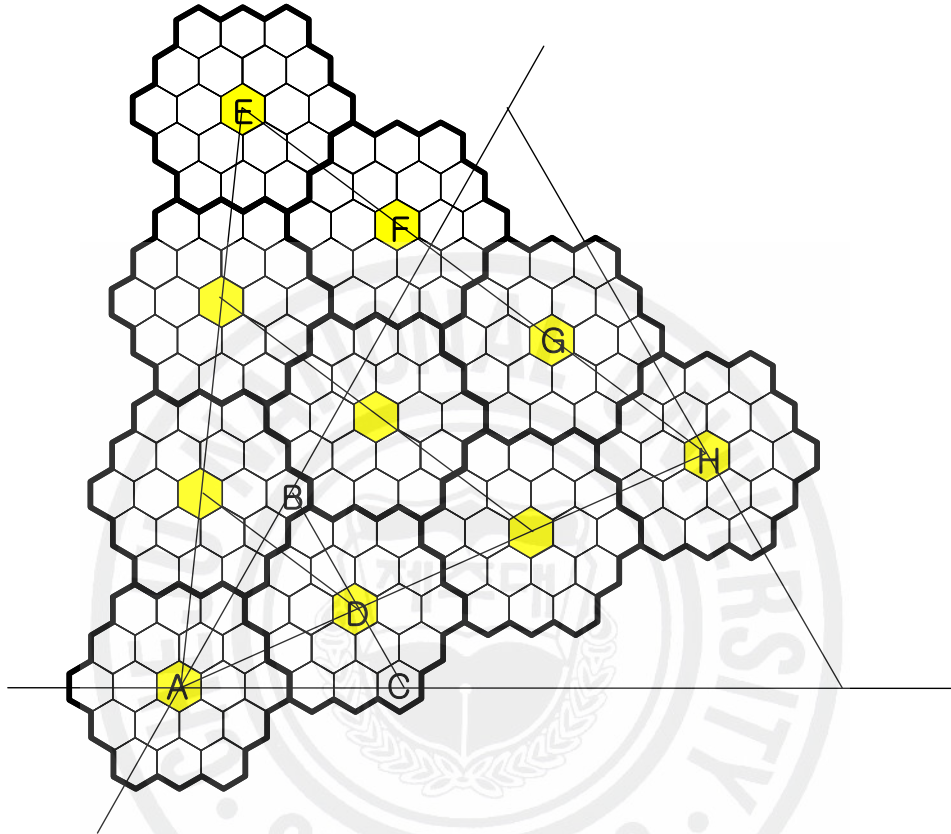


Figure 9. A piece of SLA divided into 6.

이제, 이웃하는 LA의 중심사이의 거리 l_{LA} 를 계산하여 보자. <Figure 9>에서 보면 셀 크기가 일정하다고 가정하였으므로 LA의 크기 역시 일정하다. 따라서 이웃하는 LA의 중심사이의 거리에 해당하는 \overline{AD} , \overline{EF} , \overline{FG} , \overline{GH} 등은 모두 동일한 크기이다.

그러면, 바로 이웃하는 셀의 중심 간의 거리를 c 이라고 하여, 셀 사이의 거리를 기반으로 갱신비용을 계산하여 보자.

$\triangle ABC$ 는 셀크기가 일정하므로 정삼각형임을 알 수 있다. 따라서, LA의 크

기가 d 이므로 삼각형의 세변의 길이는 아래와 같은 식으로 표현된다.

$$\overline{AC} = \overline{AB} = \overline{BC} = \left(d - \frac{1}{2}\right)c + \left(d - \frac{1}{2}\right)c = (2d - 1)c \quad (15)$$

\overline{CD} 는 LA의 중심에서 경계영역 셀 중심 사이의 거리이므로 식 (16)으로 표현된다.

$$\overline{CD} = (d - 1)c \quad (16)$$

$\angle ACB$ 은 정삼각형의 각이므로 60° 이고, \overline{AC} 와 \overline{CD} 의 크기를 알고 있으므로 이웃하는 LA의 중심사이의 거리에 해당하는 \overline{AD} 는 아래와 같은 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} l_{LA} = \overline{AD} &= \sqrt{\overline{AC}^2 + \overline{CD}^2 - \overline{AC} \times \overline{CD}} \\ &= c\sqrt{3d^2 - 3d + 1} \end{aligned} \quad (17)$$

이제, SLA 중심에서 거리가 4인 LA에 있는 중심셀 들(E, F, G, H)을 잇는 선분까지의 평균 거리를 계산하여 보자. 이때 SLA의 크기 d_s 에 따른 일반식을 구하여 보겠다.

SLA중심 A에서 선분 \overline{EH} 까지의 평균거리는 한 변의 길이가 \overline{EH} 인 정육각형 넓이와 같은 원의 반지름 r 과 같음을 <Figure 8>을 설명하면서 언급하였다. 이 등식은 식 (19)과 같이 표현되어 진다. 따라서 SLA중심 A에서 선분 \overline{EH} 까지 평균거리는 식 (20)과 같다. 그리고, 선분 \overline{EH} 의 길이는 d_s 에 대하여 식 (18)과 같다.

$$\overline{EH} = \overline{AH} = \overline{AE} = 3l_{LA} = (d_s - 1)l_{LA} \quad (18)$$

$$6 \times \frac{\sqrt{3}}{4} \overline{EH}^2 = \pi r^2 \quad (19)$$

$$r = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times \overline{EH} = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times (d_s - 1) \times l_{LA} \quad (20)$$

이제 다시 <Figure 8>을 자세히 살펴보자. SLA의 중심 LA인 $d_s = 1$ 이 되는 LA를 보면, 모바일 사용자가 중심 LA를 벗어날 때 VLR 갱신이 발생하므로 중심 LA의 VLR 평균 갱신 비용은 길이가 $(d-1)c$ 인 정육각형의 중심에서의 평균 길이와 같다. 그리고 $d_s = 2$ 인 LA는 6개가 있으며 이 LA들의 VLR 평균 갱신 비용은 길이가 l_{LA} 인 정육각형의 중심에서의 평균 길이와 같다. 또한, $d_s = 3$ 인 LA는 12개가 있으며 이 LA들의 VLR 평균 갱신 비용은 길이가 $2 \times l_{LA}$ 인 정육각형의 중심에서의 평균 길이와 같다. 이제 d_s 에 대한 일반식을 생각하여 보면 SLA의 중심에서 d_s 만큼 떨어진 LA들의 개수는 식 (3)으로 계산되며, 이 LA들의 중심을 이은 정육각형의 한 변의 길이는 $(d_s - 1) \times l_{LA}$ 가 된다.

따라서 VLR에 대한 평균 갱신 비용 $\overline{C_{VLR}}$ 은 다음의 식 (21)와 같이 구할 수 있다. 단, $d \geq 1$, $d_s \geq 1$ 임을 수식 대입을 통하여 추정할 있다.

$$\begin{aligned}
\overline{C_{VLR}} &= \frac{1 \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times c(d-1)}{N_{Sl_a}} + \frac{6 \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{LA}}{N_{Sl_a}} \\
&+ \frac{12 \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times 2 \times l_{LA}}{N_{Sl_a}} + \dots + \frac{6 \times (d_s - 1) \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times (d_s - 1) \times l_{LA}}{N_{Sl_a}} \\
&= \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times c(d-1)}{N_{Sl_a}} + \frac{6 \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{LA} \times \sum_{k=1}^{d_s-1} k^2}{N_{Sl_a}} \\
&= \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times c(d-1) + \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{LA} \times (2d_s^3 - 3d_s^2 + d_s)}{N_{Sl_a}} \\
&= \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times c(d-1)}{3d_s^2 - 3d_s + 1} \\
&+ \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times c \sqrt{3d^2 - 3d + 1} \times (2d_s^3 - 3d_s^2 + d_s)}{3d_s^2 - 3d_s + 1}
\end{aligned} \tag{21}$$

5. HLR에 대한 평균 갱신 비용 계산 공식

HLR에 대한 갱신은 모바일 사용자가 다른 SLA로 이동할 때 발생한다. 그리고 전체 셀룰러망에는 1개의 HLR만이 존재한다. 따라서 망에서 유일한 HLR은 망의 가장 가운데 위치한다고 가정하자. HLR은 망의 중심에 있는 SLA의 중심 LA의 중심 셀에 존재하게 된다.

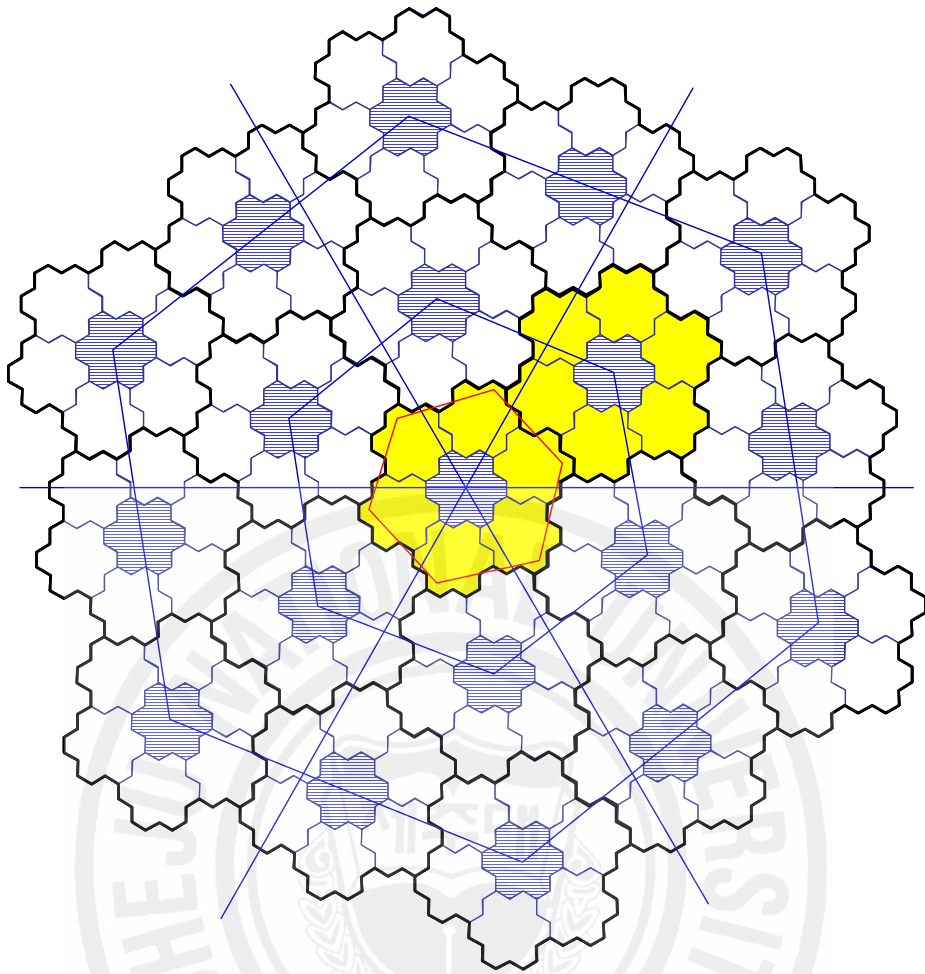


Figure 10. The HLR update area

<Figure 10>은 LA의 크기가 2이고, SLA의 크기 역시 2인 셀룰러 망을 나타낸 것이다. 중심 SLA에서 HLR 갱신비용은 모바일 사용자가 중심 SLA를 벗어 날 때 HLR 갱신이 발생하므로 SLA 중심에서 경계 셀까지의 평균거리가 된다. 중심 SLA에서 거리가 2가 되는 SLA들의 HLR 갱신은 SLA의 경계 셀에서 발생하므로 경계 셀들의 HLR 갱신비용의 평균은 SLA의 중심을 잇는 정육각형의 도형의 중심으로부터 변까지의 평균거리와 같다. 중심 SLA에서 거리가 3이 되는 SLA들의 HLR 갱신비용 역시 SLA의 중심 셀을 잇는 정육각형의 도형의 중심으로부터 변까지의 평균거리로 계산할 수가 있다. 이제 중심 SLA의 중심에서 이웃하는 SLA의 중심까지의 거리 l_{SLA} 를 계산해 보자.

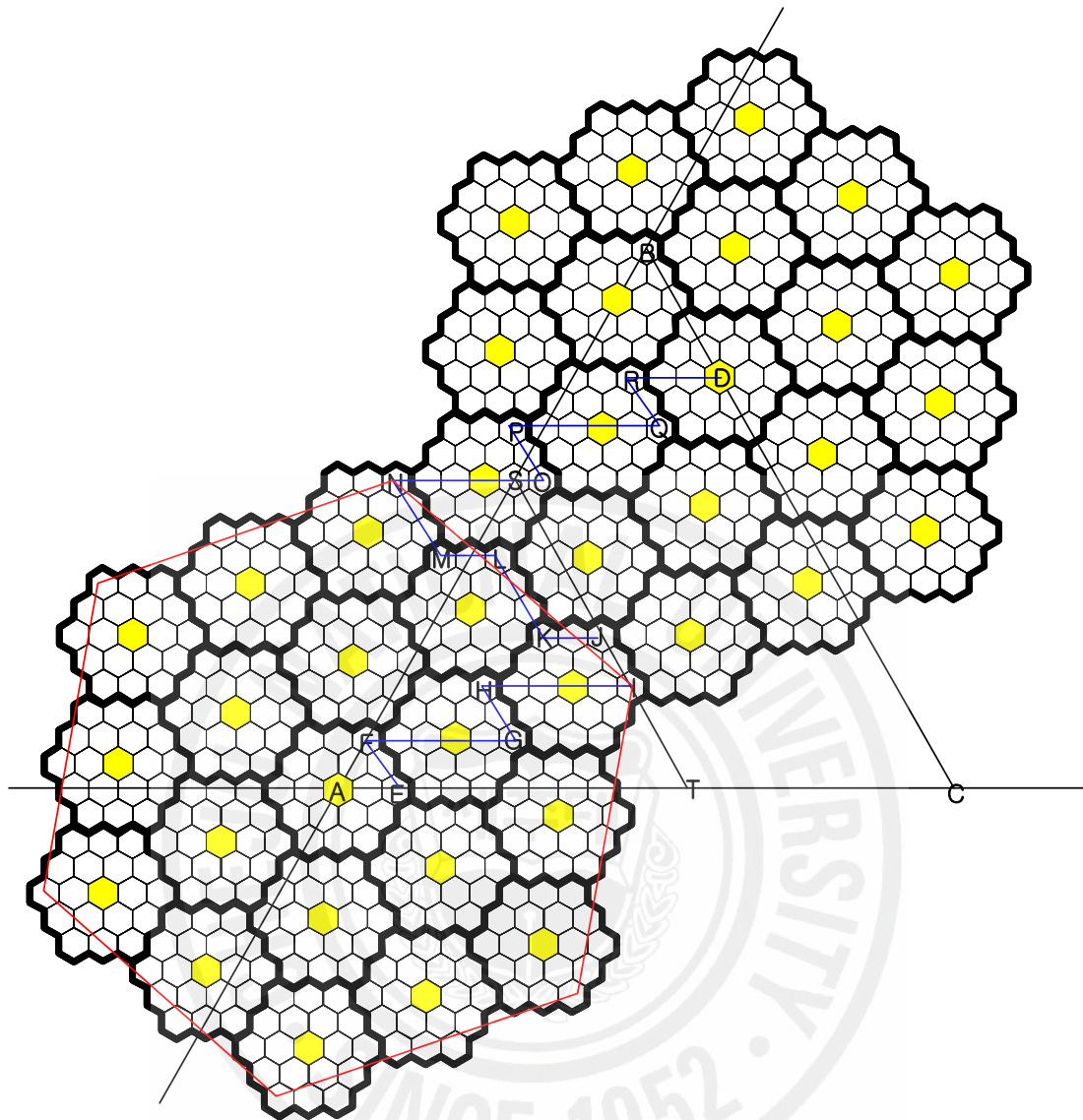


Figure 11. The center SLA and a neighbor SLA

<Figure 11>는 LA의 크기가 3이고, SLA의 크기가 3인 셀룰러망에서 중심 SLA와 이웃하는 하나의 SLA를 나타낸 것이다. 여기에서 보면 l_{SLA} 는 셀 A와 셀 D의 중심 사이의 길이 \overline{AD} 와 같음을 알 수가 있다. 여기에서 $\triangle ABC$ 는 정육각형의 셀들로 이루어지므로 정삼각형임을 알 수 있다.

\overline{AC} 와 \overline{CD} 는 셀 E에서 셀 R 및 셀 D까지의 궤적에서 \overline{AC} 와 \overline{CD} 에 평행한 선분으로 분리하여 길이를 계산할 수 있다. 이웃한 셀 중심사이의 거리가 c 라고

할 때, LA의 크기 d 와 SLA의 크기 d_s 에 대한 일반식으로 계산하면 식 (22), (23)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \overline{AC} &= \overline{AE} + (\overline{FG} + \overline{HI}) - (\overline{JK} + \overline{LM}) \\
 &\quad + (\overline{NO} + \overline{PQ}) + \overline{RD} \\
 &= (d-1)c + (d_s-1)(2d-1)c - (d_s-1)(d-1)c \\
 &\quad + (d_s-1)(2d-1)c + dc \\
 &= (3dd_s - d - d_s)c
 \end{aligned} \tag{22}$$

$$\begin{aligned}
 \overline{CD} &= (\overline{EF} + \overline{GH} + \overline{IJ}) + (\overline{KL} + \overline{MN}) + (\overline{OP} + \overline{QR}) \\
 &= d_s(d-1)c + (d_s-1)dc + (d_s-1)(d-1)c \\
 &= (3dd_s - 2d - 2d_s + 1)c
 \end{aligned} \tag{23}$$

따라서, $\triangle ABC$ 가 정삼각형이고 $\angle ACB$ 가 60° 이므로, 이웃한 SLA의 중심 간의 거리 l_{SLA} 인 \overline{AD} 는 식 (24)과 같이 구할 수 있다. 단, $d \geq 1$, $d_s \geq 1$ 임을 수식 대입을 통하여 추정할 있다.

$$\begin{aligned}
 l_{SLA} = \overline{AD} &= \sqrt{\overline{AC}^2 + \overline{CD}^2 - \overline{AC} \times \overline{CD}} \\
 &= c\sqrt{9d^2d_s^2 - 9d^2d_s - 9dd_s^2 + 9dd_s + 3d^2 + 3d_s^2 - 3d - 3d_s + 1}
 \end{aligned} \tag{24}$$

SLA들 역시 망을 형성할 때 링 개념을 사용하여 구성된다고 가정하였으므로, 전체 셀룰러망의 크기 d_H 는 식 (2) 및 식 (4)에 의하여 식 (25)의 등식이 유도된다. 식 (25)을 근의 공식에 의하여 계산하면 식 (26)과 같이 구할 수 있다. 그리고 여기에서 사용된 전체 셀룰러망에서의 SLA의 개수 K_{SLA} 는 식 (8)에서 이미 유도하였다.

$$3d_H^2 - 3d_H + 1 = K_{SLA} \tag{25}$$

$$d_H = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{1}{3}(1 - K_{SLA})} \quad (26)$$

여기에서 전체 망의 SLA들이 링을 이루다가 가장 외곽에서는 링을 완성하지 못할 수가 있으므로 이때 완성된 링의 크기는 d_H 를 넘지 않는 정수 $[d_H]$ 로 나타낼 수 있고 완성이 되지 않은 링에 있는 SLA의 개수 K_{bSLA} 는 식 (27)와 같다.

$$K_{bSLA} = K_{SLA} - (3[d_H]^2 - 3[d_H] + 1) \quad (27)$$

$d_H = 1$ 일 때 HLR 평균 갱신비용은 <Figure 11>에서 중심 SLA의 중심과 중심 SLA의 경계 셀들 간의 평균거리와 같다. SLA 중심과 경계 셀 사이의 거리 중 가장 큰 거리 l_{SLA1} 라 할 때 길이가 l_{SLA1} 인 정육각형의 도형 중심으로부터의 평균 거리를 계산함으로써 $d_H = 1$ 일 때 HLR 평균 갱신비용을 구할 수 있다.

I 는 $d_H = 1$ 인 경계 셀 들 중 SLA의 중심에서 가장 멀리 떨어진 셀 중 하나이다. $\triangle AIN$ 은 구성하고 있는 셀이 정육각형이고 링의 구조로 형성된 SLA의 일부이므로 정삼각형이다. 이는 $d_H = 1$ 일 때 HLR 평균 갱신비용은 길이가 \overline{IN} 인 정육각형의 도형 중심으로부터 변까지의 평균거리와 같음을 말해준다.

$\overline{IN} = \overline{AI}$ 이고, \overline{AI} 의 길이는 정삼각형 $\triangle AST$ 에서 두 변 \overline{AT} , \overline{IT} 의 길이를 알면 계산이 가능하다. 즉 각각의 선분의 길이는 식 (28) ~ (30)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \overline{AT} &= \overline{AE} + (\overline{FG} + \overline{HI}) = (d-1)c + (d_s-1)(2d-1)c \\ &= (2dd_s - d - d_s)c \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} \overline{IT} &= (\overline{EF} + \overline{GH}) = (d_s-1)(d-1)c \\ &= (dd_s - d - d_s + 1)c \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned}
l_{SLA1} &= \overline{AI} = \sqrt{\overline{AT}^2 + \overline{IT}^2 - \overline{AT} \times \overline{IT}} \\
&= c \sqrt{3d^2d_s^2 - 3d^2d_s - 3dd_s^2 + 2dd_s + d^2 + d_s^2 - d - d_s + 1}
\end{aligned} \tag{30}$$

<Figure 10>을 보면, $d_H = 2$ 인 SLA는 6개가 있으며 이 SLA들의 HLR 평균 갱신 비용은 길이가 l_{SLA} 인 정육각형의 중심에서의 평균길이와 같다. $d_H = 3$ 인 SLA는 12개가 있으며 이 SLA들의 HLR 평균 갱신 비용은 길이가 $2 \times l_{SLA}$ 인 정육각형의 중심에서의 평균길이와 같다.

전체 셀룰러망에서 완성된 가장 큰 링에 있는 SLA의 개수는 $6 \times ([d_H] - 1)$ 개 있으며 이 SLA들의 HLR 평균 갱신 비용은 길이가 $([d_H] - 1) \times l_{SLA}$ 인 정육각형의 도형의 중심에서의 평균 길이와 같다.

링을 완성하지 못한 망의 가장 외곽에 있는 SLA의 개수는 K_{bSLA} 이고, 이 SLA들의 갱신비용은 길이가 $[d_H] \times l_{SLA}$ 인 정육각형의 도형의 중심에서의 평균 길이와 같다.

따라서 HLR에 대한 평균 갱신 비용 $\overline{C_{HLR}}$ 은 다음의 식 (31)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
\overline{C}_{HLR} &= \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{SLA1}}{K_{SLA}} + \frac{6 \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{SLA}}{K_{SLA}} + \frac{12 \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times 2 \times l_{SLA}}{K_{SLA}} \\
&+ \dots + \frac{6 \times ([d_H] - 1) \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times ([d_H] - 1) \times l_{SLA}}{K_{SLA}} \\
&+ \frac{K_{bSLA} \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times [d_H] \times l_{SLA}}{K_{SLA}} \\
&= \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{SLA1}}{K_{SLA}} + \frac{6 \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{SLA} \times \sum_{k=1}^{[d_H]-1} k^2}{K_{SLA}} \\
&+ \frac{K_{bSLA} \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times [d_H] \times l_{SLA}}{K_{SLA}} \\
&= \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{SLA1}}{K_{SLA}} + \frac{\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times l_{SLA} \times (2[d_H]^3 - 3[d_H]^2 + [d_H])}{K_{SLA}} \\
&+ \frac{K_{bSLA} \times \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}} \times [d_H] \times l_{SLA}}{K_{SLA}}
\end{aligned} \tag{31}$$

IV. 성능평가

이 장에서는 제안기법에서 제시한 모델을 통하여 셀룰러망에 대한 특정 조건이 주어졌을 때 전체 망에 대한 위치등록기(HLR, VLR)의 총 갱신비용을 측정하고, 이때 최소 비용이 되는 계층구조의 크기를 구할 수 있음을 보이겠다. 또한 셀룰러망의 다양한 조건에 따라 위치등록기의 총 갱신비용을 비교하고, 그 결과를 살펴보겠다.

VLR의 전체 갱신을 V , HLR의 전체 갱신을 H 이 식 (9)와 식 (14)로 제안되었고, VLR에 대한 평균 갱신 비용 $\overline{C_{VLR}}$ 과 HLR에 대한 평균 갱신 비용 $\overline{C_{HLR}}$ 이 식 (21)와 식 (31)으로 제안되었으므로 전체 셀룰러망에서의 총 갱신비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = V \times \overline{C_{VLR}} + H \times \overline{C_{HLR}} \quad (32)$$

1. 셀 거주시간에 따른 총 갱신 비용

모바일 사용자의 이동성 패턴이 적정한 SLA크기에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 평균 셀 거주시간 $\overline{T_d}$ 를 각각 1분, 4분, 8분으로 가정했을 때 총 갱신비용 C 를 구하고 최소비용이 되는 d_s 값에 어떤 변화가 있는지 살펴보겠다.

셀 당 평균 모바일 사용자 수 \overline{K} 를 100명, LA의 크기 d 는 3으로 고정하였고, 2006년도 국내 이동통신 가입자가 4천만 명(오돈성 등 2006)을 넘어서고 있으므로 한 통신사가 최대 50%를 점유한다고 가정하여 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수 K_{MS} 를 20,000,000 명으로 하였다. 이웃하는 셀의 중심 간의 거리 c 는 1이라고 가정하였다. 이때의 셀룰러망 총 갱신비용은 <Figure 12>과 같다.

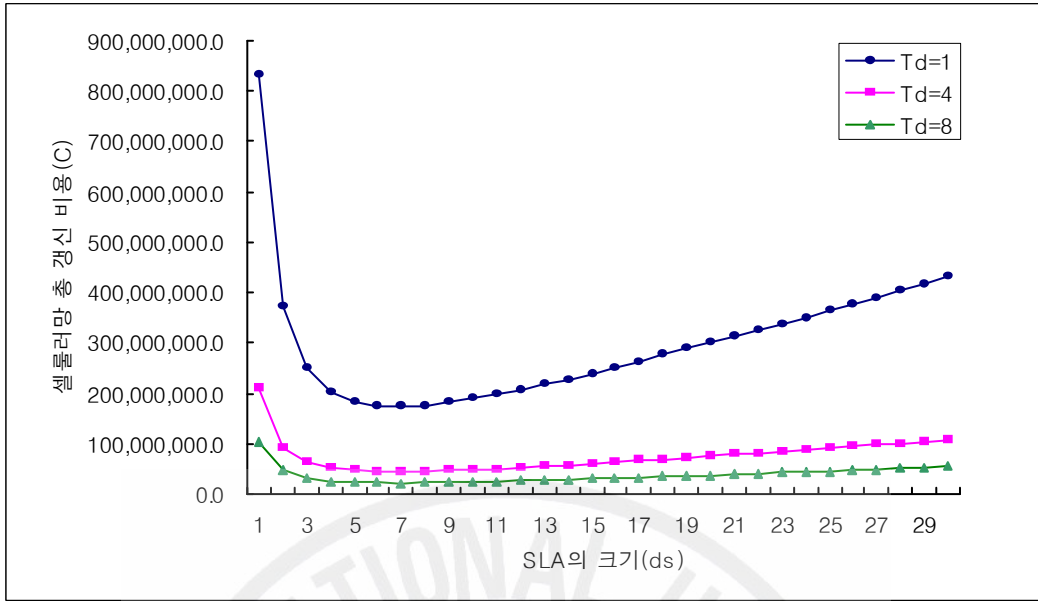


Figure 12. The total update cost according to dwelling time

그림에서 보면 $\overline{T_d} = 1$ 일 때는 $d_s = 7$ 일 때 셀룰러망 총 갱신 비용 C 가 173,972,591.5로 최소가 되고, $\overline{T_d} = 4$ 도 $d_s = 7$ 일 때 C 가 43,493,147.9로 최소가 된다. $\overline{T_d} = 8$ 일 때 역시 $d_s = 7$ 일 때 C 가 21,746,573.9로 최소가 된다.

<Figure 12>에서는 $\overline{T_d}$ 가 1일 때를 기준으로 눈금이 표시되어 $\overline{T_d}$ 가 4나 8일 때는 최소값의 확인에 어려움이 있어서, <Figure 13>과 <Figure 14>에서 따로 나타내었다. <Figure 12>~<Figure 14>에서 보면 주어진 조건에 대하여 사용자당 평균 셀 거주시간이 짧을수록 셀룰러망 전체에서 발생하는 총 갱신 비용은 증가하지만, 최소 비용이 되는 최적의 d_s 는 7로 일정하다. 식 (9)와 식(14)에서도 알 수 있듯이 모바일 사용자의 셀 거주시간이 클수록 각각의 위치등록기의 갱신율이 감소한다. 그러나 HLR의 갱신비용이 감소한 만큼 VLR의 갱신비용도 감소하므로 거주시간은 HLR과 VLR에 대한 갱신비용의 분배에 아무런 영향을 미치지 못하게 된다. 즉, 총 갱신 비용이 최소가 되는 최적의 SLA 크기는 모바일 사용자의 이동성 패턴에 상관없이 다른 환경적 요인에 의하여 결정됨을 알 수가 있다.

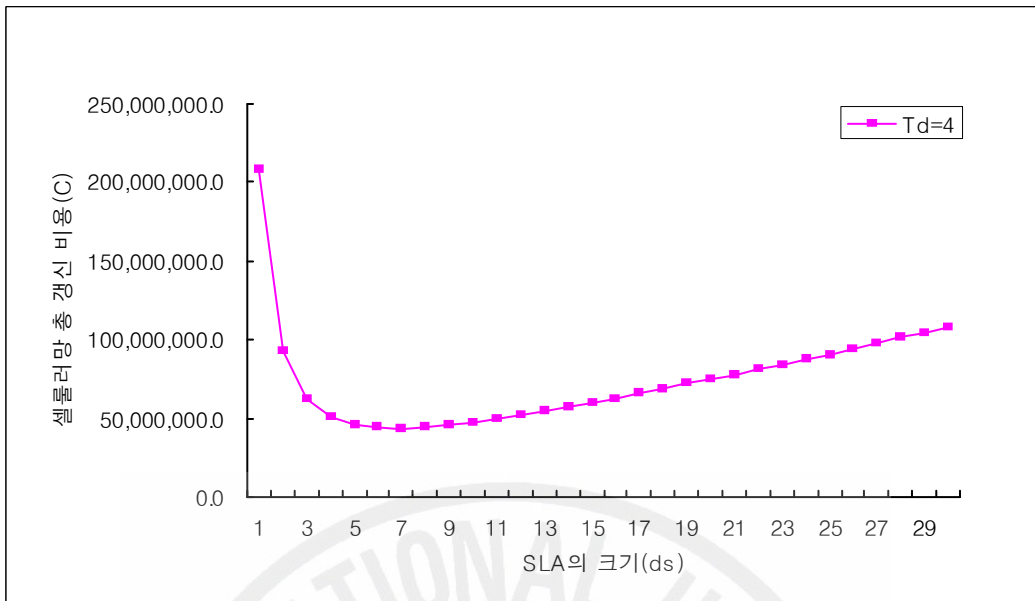


Figure 13. The total update cost with dwelling time 4

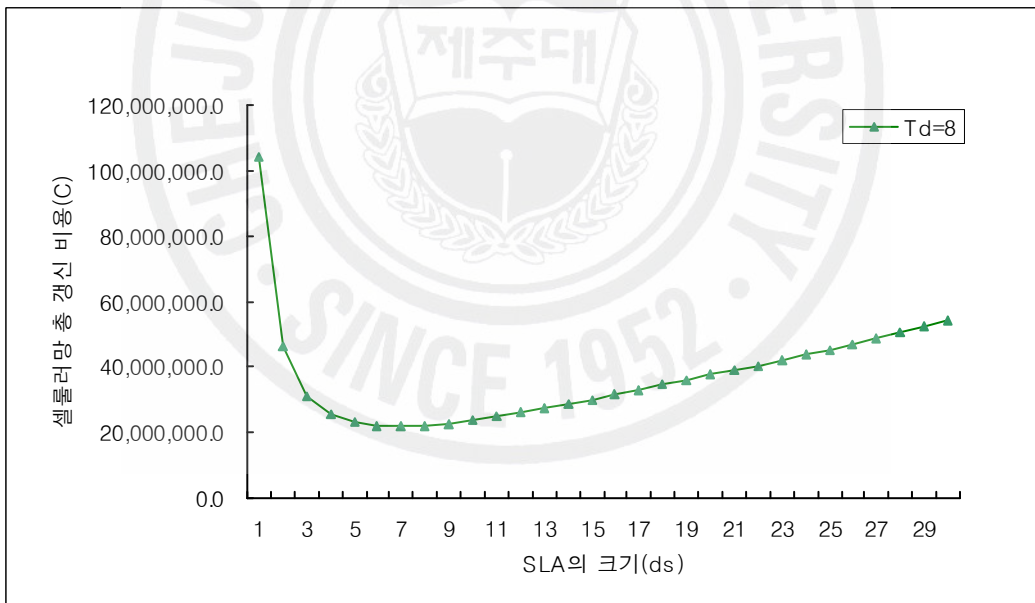


Figure 14. The total update cost with dwelling time 8

2. LA 크기에 따른 총 갱신 비용

<Figure 15>은 LA의 크기를 다르게 하였을 때 최소비용이 되는 SLA의 크기 d_s 가 어떻게 변화하는 지를 보여주고 있다. 평균 셀 거주시간 $\overline{T_d}$ 를 1분, 셀 당 평균 모바일 사용자 수 \overline{K} 를 100명, 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수 K_{MS} 를 20,000,000 명으로 고정하였다. 이웃하는 셀의 중심 간의 거리 c 는 1이라고 가정하였다.

그림에서 보면 $d=1$ 일 때는 $d_s=14$ 일 때 셀룰러망 총 갱신 비용 C 가 317,952,964.6로 최소가 되고, $d=3$ 일 때는 $d_s=7$ 일 때 C 가 173,972,591.5로 최소가 된다. 그리고 $d=5$ 일 때는 $d_s=5$ 일 때 C 가 130,124,455.4로 최소가 된다. 여기에서 보면 LA크기 d 가 증가할수록 HLR 갱신율이 감소하므로 전체 셀룰러망에서의 총 갱신비용도 감소함을 알 수 있다. 그리고 최소비용이 되는 SLA의 크기 d_s 도 감소를 하고 있다.

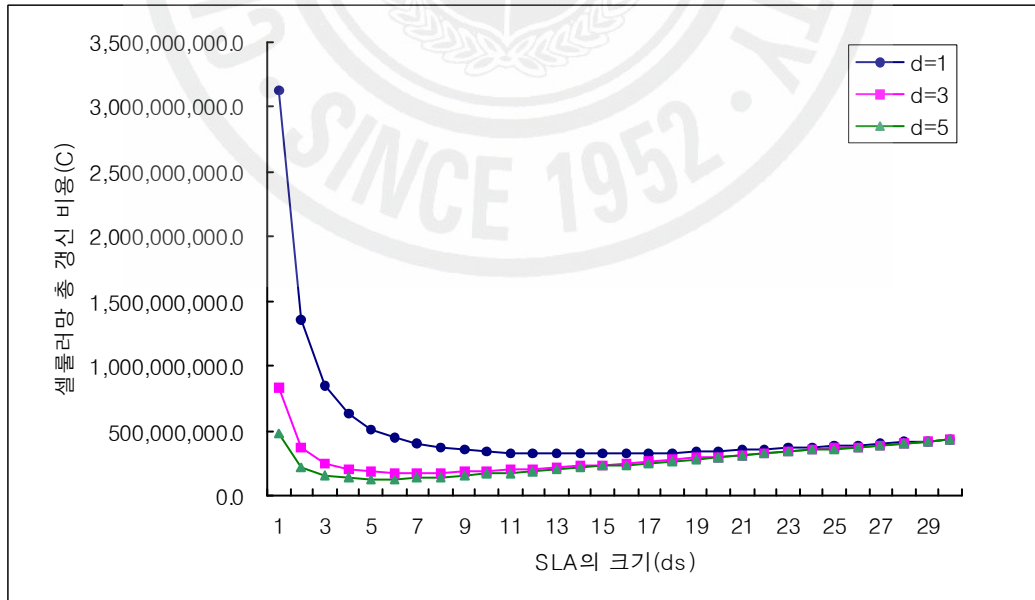


Figure 15. The total update cost according to LA size

하나의 LA의 크기가 크면, SLA를 크게 할수록 하나의 VLR에서 관리되는 셀의 개수가 기하급수적으로 증가함으로써, HLR에 대한 갱신비용 감소 효과보다 VLR에 대한 갱신비용 증가가 상대적으로 크게 발생한다.

극한적인 경우를 생각하여 전체 셀룰러망이 1개의 LA로 구성된 경우는 더 이상 계층구조를 형성할 수 없다. 이때는 최적의 계층구조의 크기를 찾는다는 것이 필요가 없는 과제가 된다. 또 다른 특수한 예로써 전체 셀룰러망이 7개의 LA로 구성된다고 하면 SLA크기를 2까지 할 수 있다.

<Figure 16>는 LA의 크기 d 이 외에 나머지 변수를 <Figure 15>와 동일하게 하고, SLA크기를 2개까지 구성할 수 있는 LA의 개수가 7이 되는 d 에서의 총비용 변화와 SLA크기를 3개, 4개, 5개까지 구성 가능한 각각의 d 값을 구한 후 그때의 셀룰러망 총 갱신비용 변화를 그림을 나타낸 것이다. 여기에서도 보면 SLA크기를 3개 이상 구성할 수 있을 경우는 총비용이 최소가 되는 계층구조의 크기는 항상 1보다 크다. 즉 계층구조를 이뤘을 때가 그렇지 않을 때 보다 효율적임을 알 수가 있다.

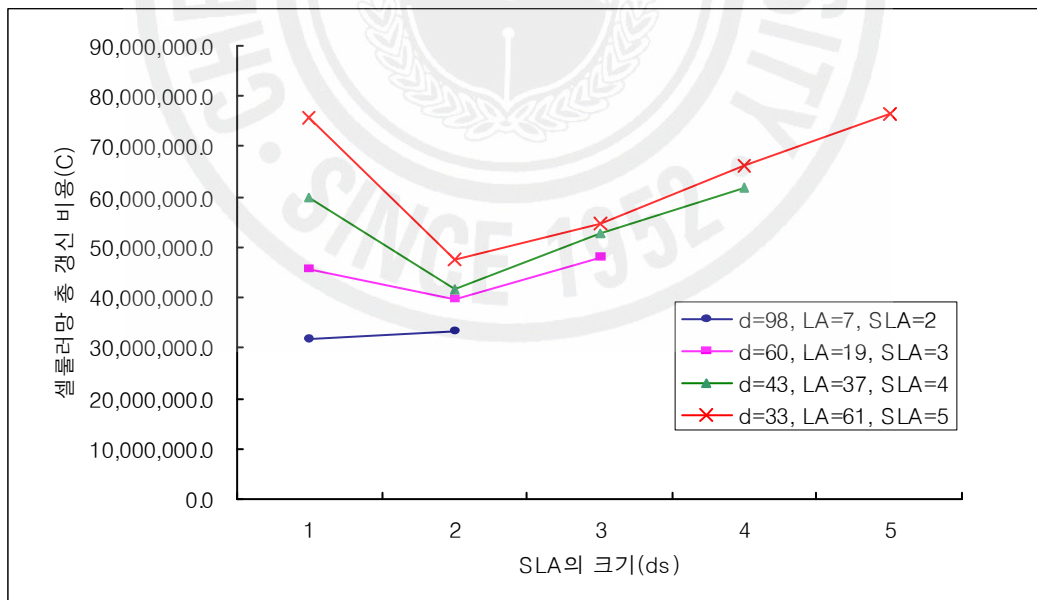


Figure 16. The total update cost according to LA size

그러나 전체 셀룰러망에 7개의 SLA만 있다고 할 경우에는 계층이 없을 때의 총비용 31,828,306.8이 계층을 구성하였을 때의 총비용 33,471,452.1보다 작다. 즉 이 경우는 계층을 구성하지 않아야 효율적임을 알 수 가 있다.

3. 한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균수에 따른 총 갱신 비용

<Figure 17>은 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수, 한 LA의 크기, 사용자당 평균 셀 거주 시간을 고정하고, 한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균수를 변화시키면서 셀룰러망 총 갱신 비용이 어떻게 달라지는 지를 보여주고 있다. 이 그림에서는 $K_{MS} = 20,000,000$ 명, $d = 3$, $\overline{T}_d = 1$ 분으로 고정하였고 이웃하는 셀의 중심 간의 거리 c 는 1이라고 가정하였다.

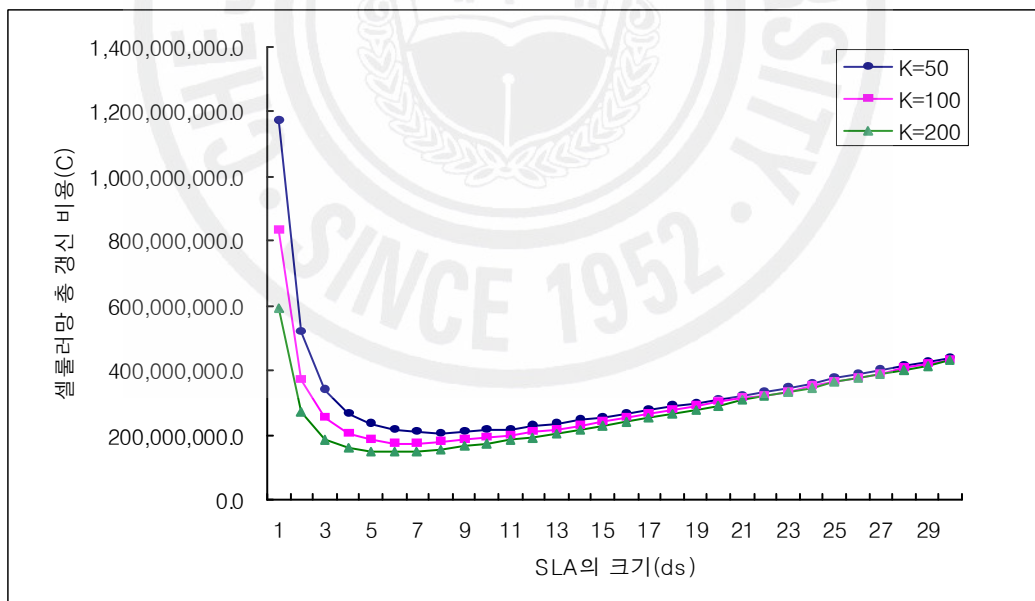


Figure 17. The total update cost according to \overline{K}

한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균 수 \overline{K} 가 50일 경우는 d_s 가 8일 때 C

가 206,559,098.1로 최소가 되고, \bar{K} 가 100일 경우는 d_s 가 7일 때 C 가 173,972,591.5로 최소가 된다. \bar{K} 가 200일 경우는 d_s 가 6일 때 C 가 145,606,550.2로 최소가 된다. 여기서 보면 한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균수가 증가하면 최적이 되는 계층구조의 크기가 작아짐을 알 수 있다.

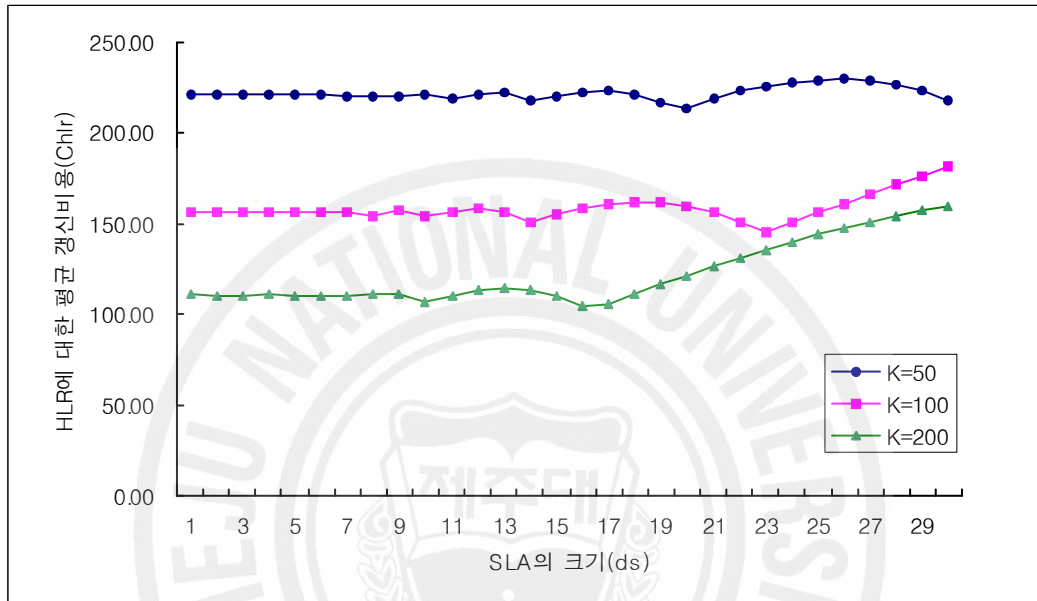


Figure 18. The average HLR update cost according to \bar{K}

<Figure 18>는 \bar{K} 에 따라서 HLR에 대한 평균 갱신비용이 어떻게 달라지는지를 나타내고 있다. VLR 전체 갱신을이나 HLR 전체 갱신을, VLR에 대한 평균 갱신비용들은 수식 (9), (14), (22)에서도 알 수 있듯이 \bar{K} 값에 아무런 영향을 받지 않는다.

\bar{K} 가 50, 100, 200일 때를 비교하여 보면 \bar{K} 가 크면 $\overline{C_{HLR}}$ 은 현저히 줄어들고 있음을 알 수 있다. 그리고 d_s 가 1~8일 때는 각각의 \bar{K} 값에 대하여 HLR 갱신비용이 거의 일정함을 알 수가 있다. 이는 HLR에 대한 갱신비용은 계층구조의 크기에 관계없이 일정함을 나타내는 것이다.

<Figure 17>과 <Figure 18>에 나타난 바와 같이 전체 셀룰러망에서의 총 모

바일 사용자 수가 고정되어 있는데 셀 당 모바일 사용자 수가 증가한다는 것은 셀의 개수가 감소함을 의미한다. 따라서 전체 셀룰러망에서 셀의 개수가 적어지면 HLR에 대한 부하가 감소하여 계층구조의 필요성이 줄어드는 결과가 발생하는 것이다.

4. 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수에 따른 총 갱신 비용

<Figure 19>은 다른 조건을 고정시키고 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자 수가 천만 명, 2천만 명, 4천만 명일 때 셀룰러망 총 갱신비용의 변화를 나타낸 것이다. 평균 셀 거주시간 $\overline{T_d}$ 를 1분, 셀 당 평균 모바일 사용자 수 \overline{K} 를 100명, LA의 크기를 3으로 고정하였다.

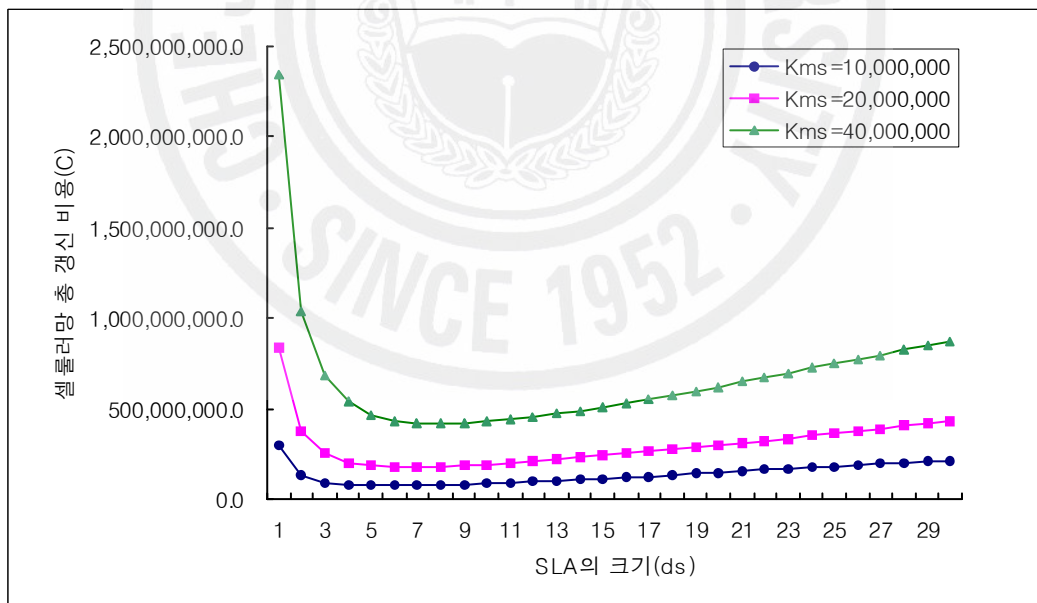


Figure 19. The total update cost according to K_{MS}

$K_{MS} = 10,000,000$ 명일 때는 SLA의 크기가 6일 때 셀룰러망 갱신 비용이

72,803,275.1로 최소가 된다. $K_{MS} = 20,000,000$ 명일 때는 SLA의 크기가 7 때 최소 갱신 비용 173,972,591.5가 되고, $K_{MS} = 40,000,000$ 명 일 때는 SLA의 크기가 8일 때 최소 갱신 비용이 413,118,196.2가 된다.

한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균 수는 동일한데, 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자의 수가 증가한다는 것은 전체 셀룰러망의 셀의 수가 증가함을 의미한다. 즉, 총 사용자 수만 증가하면 HLR과 VLR의 갱신율은 동일하게 증가하지만 VLR의 갱신비용은 일정한데 반하여, HLR의 갱신비용이 관리되는 SLA의 수가 많아짐으로써 증가하게 된다. 따라서 HLR에 증가된 부하를 VLR에서 분담해야 하므로 계층구조의 크기가 증가하게 되는 것이다.

5. 고정된 셀 개수에서 총 모바일 사용자 수에 따른 총 갱신 비용

위의 3, 4절에서는 \bar{K} 와 K_{MS} 에서 어느 한쪽을 고정하고 다른 쪽에 변화를 주어 총 갱신비용을 살펴봄으로써 전체 셀룰러망의 셀의 개수가 변동하는 결과를 초래하였다. 그러나 실제 셀룰러망의 운영에 있어서 셀의 개수는 쉽게 변하지 않는 상수에 해당한다. 모바일 가입자 수가 증가하면 망 관리자의 정책에 따라 셀의 개수를 증가시키게 되는 것이다.

따라서 실제 망 운영 중 발생할 수 있는 경우를 고려하여 셀의 개수를 일정 수준으로 고정시키고 총 모바일 사용자 수의 변화에 따른 총 갱신비용을 살펴보겠다.

<Figure 20>은 LA의 크기 d 를 3, 사용자당 평균 셀 거주시간 \bar{T}_d 를 1분으로 가정하고, 망 전체의 셀의 수를 200,000개로 고정하였고, 이웃하는 셀의 중심 간의 거리 c 는 1이라고 가정하였다. 이때 총 모바일 사용자의 수가 천만 명, 2천만 명, 4천만 명일 때 최소 비용이 드는 계층구조의 크기를 찾아보도록 하겠다.

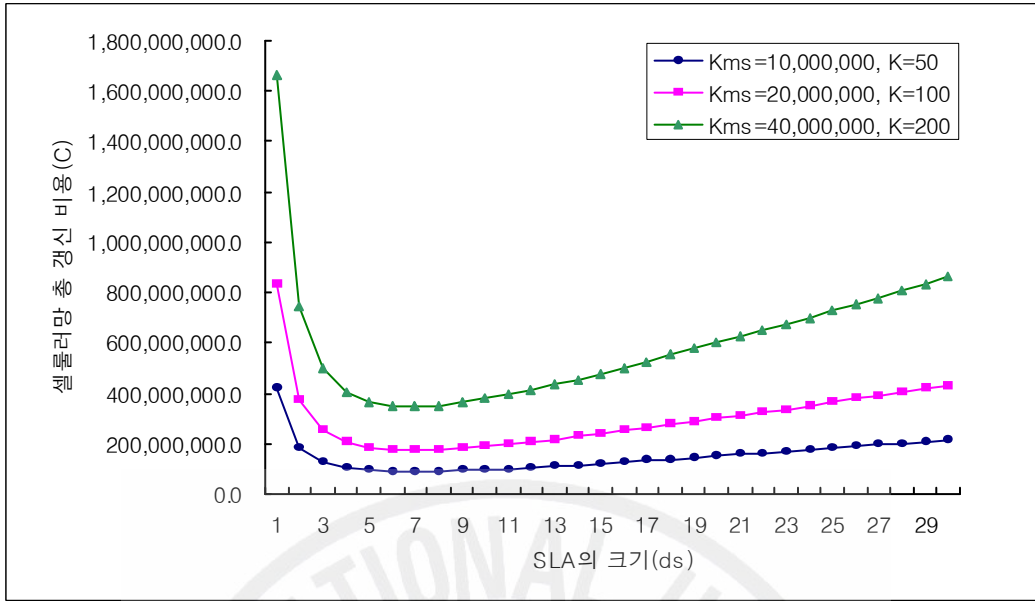


Figure 20. The total update cost according to K_{MS} and \bar{K}

총 모바일 수가 천만 명일 때는 전체 망의 셀의 수가 2십만 개로 일정하므로 셀 당 평균 모바일 사용자 수는 50명이 된다. 이때의 위치관리기들의 총 갱신 비용이 최소가 되는 계층구조의 크기는 7로써의 이때의 총 갱신비용은 86,986,295.8이다.

두 번째 그래프인 총 모바일 수가 2천만 명일 때는 전체 망의 셀의 수가 일정하므로 셀 당 평균 모바일 사용자 수는 100명이 된다. 이때의 위치관리기들의 총 갱신 비용이 최소가 되는 계층구조의 크기도 7로써의 이때의 총 갱신비용은 173,972,591.5이다.

마지막으로 총 모바일 수가 4천만 명일 때는 전체 망의 셀의 수가 일정하므로 셀 당 평균 모바일 사용자 수는 200명이 된다. 이때의 셀룰러망의 총 갱신 비용이 최소가 되는 계층구조의 크기 역시 7로써의 이때의 총 갱신비용은 347,945,183.1이다.

세가지 경우 모두 최적이 되는 계층구조의 크기는 7로써 일정하다. 이로써 계층구조의 크기를 선택하는데 영향을 미치는 요인은 모바일 사용자의 수가 아니라 전체 망의 셀의 수가 가장 중요한 선택 기준임을 알 수가 있다.

V. 결론

이 논문은 계층구조를 이용한 위치 관리기법에서 최적이 되는 계층구조의 크기를 제안할 수 있는 분석적 모델을 제시하는데 목적을 두고 있다. 기존의 GSM 방식에서 발생하는 빈번한 위치 갱신으로 인한 네트워크 자원의 낭비는 계층구조를 이용한 위치관리 기법을 이용하여 줄일 수 있었다. 그러나 계층구조를 이용한 위치관리 기법은 계층구조의 크기를 크게 할수록 HLR에 대한 갱신율은 줄어들지만, 반대급부적으로 VLR에 대한 갱신율이 기하급수적으로 증가하게 된다.

이에 본 논문에서는 HLR과 VLR에 대한 갱신율과 갱신에 따른 비용을 고려하여 전체 셀룰러망의 총 갱신비용이 최소가 되는 계층구조의 크기를 찾을 수 있는 방법을 제안하였다. 전체 셀룰러망의 총 갱신비용은 한 셀 안에 있는 모바일 사용자의 평균수와 전체 셀룰러망에서의 총 모바일 사용자의 수, 하나의 LA의 크기, 하나의 SLA의 크기 및 사용자당 평균 셀 거주시간에 따라 산출이 가능하다.

이 각각의 조건에 따라 성능평가를 해 본 결과 사용자당 평균 셀 거주시간은 최적이 되는 계층구조의 크기에 영향을 전혀 미치지 않음을 알 수 있었다. LA의 크기에 따라서는 LA의 크기가 클수록 최소비용이 되는 계층구조의 크기는 작아짐을 알 수 있었다. 셀 당 모바일 사용자의 평균수가 감소할수록, 총 모바일 사용자 수가 증가 할수록 계층구조의 크기를 크게 해야 총 갱신비용이 작아짐을 알 수 있었다. 전체 셀룰러망의 셀의 개수를 고정하여 성능평가를 해봄으로써 결과적으로 최적이 되는 계층구조의 크기는 셀의 개수에 따라 결정할 수 있으며 셀의 개수가 많을수록 계층구조의 크기를 크게 하여야 함을 알 수 있었다. 즉 전체 망에서의 갱신비용을 최소로 유지하기 위해서는 셀의 개수가 증가할수록 HLR에 집중되는 부하를 적정 수준으로 VLR로 분산시켜야함을 나타내는 것이다. 향후에는 비용 측정 모델에 추가적으로 갱신 과정상의 메시지 개수와 크기 등을 고려하여 예측 성능을 향상시키고자 한다.

VI. 참고문헌

- Akyildiz, I. Ho, J. and Lin, Y. -B. 1996. Movement-based location update and selective paging for PCS networks. *IEEE Trans, on Networking*, 4(4) pp. 629-638.
- Bar-Noy, A., I. Kessler and M. Sidi. 1995. Mobile users: To update or not to update?. *Wireless Networks*, 1(2) pp. 175-186.
- Chu, T. -P. and S. S. Rappaort. 1997. Overlapping Coverage with Reuse Partitioning in Cellular Communication Systems. *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, 46(1).
- Chung, Daewoo. Choo, Hyunseung. Youn, Hee Yong. 2001. Reduction of Location Update Traffic Using Virtual Layer in PCS. *ICPP*, pp. 331-338.
- Colombo, G. and H. Hegeman. 1994. Network architecture and functionalities in UMTS. *Proc. IEEE/ICCC PIMRC '94, Wireless Networks*, 3, The Hague, pp. 844-851.
- Das, D. K. and S. K. Sen, 1999. Adaptive location prediction strategies based on a hierarchical network model in a cellular mobile. *The computer journal* 42(6) pp. 473-484.
- EIA/TIA. 1997. Cellular Radio-telecommunications Intersystem Operations. Technical Report IS-41 Revision D, EIA/TIA.
- Gu, D. and S. S. Rappaport. 1999. Mobile user registration in cellular systems with overlapping location areas. *Proc. VTC'99*, pp. 802-806.
- Ho, J. and Akyildiz, I. 1995a. Mobile user location update and paging under delay constraints. *Wireless Networks*, 1(4) pp. 413-425.
- Ho, J. and Akyildiz, I. 1995b. A Dynamic Mobility Tracking Policy for Wireless Personal Communications Networks. *Proc. IEEE GLOBECOM*

- '95, 1, pp. 1-5.
- Hwang H. -W, Chang, M. -F. and Tseng C. -C. 2000. A direction-based location update scheme with a line-paging strategy for PCS networks. IEEE Communication Letters, 4(5) pp. 149-151.
- Jain, R., Y. -B. Lin, C. LO and S. Mohan. 1995. A forwarding strategy to reduce network impacts of PCS. Proceedings of IEEE IMFOCOM '95, 1(2) pp. 481-489.
- Kim K., K. E. Yang and J.M. Gil. Chong-Sun Hwang. 1999. Tracking mobile users using user locality in mobile computing systems. Proceedings. International Workshops on, pp. 428-433.
- Kim, S. J. and C. Y. Lee. 1996. Modelling and analysing of the dynamic location registration and paging in microcellular systems. IEEE Trans. Veh. Technol., 45(1) pp. 82-90.
- Kruijt, N. E., D. Sparreboom, F. C. Schoute and R. Prasad. 1998. Location management strategies for cellular mobile networks. Electronics & Communication Engineering Journal, 10(2) pp. 64-72.
- Lin, Y. -B. and S. K. deVries. 1995. PCS network signaling using SS7. IEEE Personal Commun. Mag., pp. 44-55.
- Lin, Y. -B. and W. -N. Tsai. 1998. Location tracking with distributed HLRs and pointer forwarding. Proc. IEEE Transaction Vehicular Technology., 47(1) pp. 59-64.
- Lycksel, E. 1991. GSM System Overview. Swedish Telecom, Admin, Jan.
- Madhow, U. honig, L. and Steglitz, K. 1995. Optimization of wireless resources for personal communications mobility tracking. IEEE/ACM Trans. Networking, 3(6) pp. 698-707.
- Meier-Hellstern, K. S. and Alonso, E. 1992. The use of SS7 and GSM to support high density personal communications. IEEE ICC/SUPERCOMM '92, 3, Chicago, pp. 1698-1702.
- Mouly, M. and Pautet, M. -B. 1992. The GSM System for Mobile

- Communications. Palaiseau, France.
- Rose, C. 1996. A greedy method of state-based registration. Proc, IEEE ICC '96. 2, pp. 1158-1162.
- Shin, In-Hye. Park, Gyung-Leen. 2003. On Employing Hierarchical Structure in PCS Networks. ICCSA (2), pp. 155-162.
- Tabbane, N. and S. Tabbane. 1996. Database architectures and location strategies for mobility management in mobile radio systems. Proc. Workshop on Multiaccess Mobility and Teletraffic for Personal Communications, Paris, France.
- Tabbane, S. 1995. An alternative strategy for location tracking. IEEE sel. Areas Commun., 13(5) pp. 880-892.
- Thomas, R., H. Gilbert, and G. Mazziotto. 1998. Influence of the movement of the mobile station on the performance of a radio cellular network. Proceedings of 3rd of Nordic Seminar.
- Weng, C.-M. and P.-W. Huang. 2000. Modified group method for mobility management Computer Communications 23, pp. 115-122.
- Wong, V.W.S and Leung, V.C.M. 2000. Location Management for Next-Generation Personal Communications Networks. IEEE Network, 14(5) pp. 18-24.
- Xie, H. Tabbane, S. and Goodman, D. J. 1993. Dynamic Location Area Management and Performance Analysis. Proc. IEEE VTC '93, pp. 536-539.
- Yeung, K. and Yum, T. 1995. A comparative study on location tracking strategies in cellular mobile radio systems. Proc. IEEE GLOBECOM '95, 1 pp. 22-28.
- 박태준, 이구연, 2004. 이동 통신 환경에서 Hybrid 방식을 이용한 위치관리 기법. 한국 정보과학회 가을 학술 발표논문집, 31(2) pp. 664-666.
- 송의성, 길준민, 황종선. 2003. 고속으로 이동하는 노드들을 위한 효율적인 위치 갱신. 정보과학회논문지 정보통신 제 30권 제 5호. pp. 581-594.

- 오돈성, 김민택, 황승구, 2006. 차세대 이동통신 기술 및 표준화 동향. ETRI, 전자통신동향분석, 21(3), p. 2.
- 장성식, 박선영, 이원열, 한기준, 2004. 이동 통신에서 호 수신 확률에 근거한 위치 관리 기법. 전자공학회논문지, TC, 41(3). pp. 159-166.
- 한국전자통신연구원. 1999. 차세대 이동통신 표준모델 연구. 차세대이동통신기술 개발협의회.

