

셀룰라 이동통신환경에서 PCS를 위한 새로운 위치관리 기법

정회원 한진백*, 송주석*

New Location Management Scheme for PCS in Cellular Mobile Communication Systems

Gene-beck Hahn*, Joo-Seok Song* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 VLR(Visitor Location Register)과 HLR(Home Location Register)간의 시그널링 비용을 줄일 수 있는 새로운 위치관리 기법에 대해 제안한다. 제안된 방식에서는 HLR이 각 이동단말의 등록지역에 해당하는 일련의 VLR ID들에 대한 리스트를 포함하고, 이러한 VLR ID들은 순차적이고 확률적으로 높은 순에서 낮은 순으로 정렬되어 있다. 이를 통해 HLR의 리스트에 존재하는 VLR ID들에 대응되는 등록지역으로 이동단말이 위치등록을 할 확률을 파악할 수 있다. 따라서, 이러한 경우에는 위치등록 비용을 없앨 수 있다. 즉, 이 방식은 등록지역을 자주 변경하는 비율에 비해 호를 발생하는 비율이 상대적으로 많은 사용자들에 대해 매우 효율적이다.

제안된 방식에 대한 전반적인 위치관리 비용을 측정하기 위해서 몇가지 성능분석을 수행하고, 이 결과를 기존의 IS-41 방식에 대해 수행한 결과와 비교하였다. 이를 통해, 제안된 방식이 시그널링 트래픽을 감소시키고, VLR과 HLR간의 데이터베이스 로드를 줄인다는 측면에서 기존의 방식에 비해 향상된 성능을 보임을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new location management scheme to reduce the overall signaling cost between VLR and HLR. In our scheme, HLR maintains a list of VLR IDs which correspond to the registration areas for each mobile terminal. These VLR IDs in the list are sequential and ranked from high to low order in probability. By doing this, we can evaluate the probability with which any mobile terminal registers to particular registration areas corresponding to the VLR IDs in the list of HLR. With our scheme, location registration cost can be avoided as long as any mobile terminal remains in the registration areas which are maintained in the list of HLR. Besides, Our scheme will be very meaningful to those users who receive calls frequently rather than the users who change their registration areas frequently.

To estimate overall location management cost for our scheme, we will perform some simulations on suggested scheme and compare that results to those of IS-41. By doing this, we show that our new scheme yields significant improvement in terms of reduced signaling traffic and database loads between VLR and HLR.

I. 서론

PCS(Personal Communications Services) 패러다

임에서는 사용자의 위치나 이동상태가 사용자의 선택에 의해 결정된 서비스의 시작, 지속, 종료 등에 대해 어떠한 영향도 주어서는 안된다^[1]. 향후의 마

* 연세대학교 컴퓨터과학과
논문번호: 00262-0710, 접수일자: 2000년 7월 10일

이므로 셀 PCS 환경에서는 거의 모든 개인이 하나의 이동단말을 소유할 것으로 예상되며, 이에 따라, 현재의 PCS 환경은 위치등록이나 위치추적의 처리에 있어서 상당한 양의 과부하를 초래할 것으로 보인다^[2]. 따라서, 위치등록이나 위치추적을 포함하는 위치관리는 상당히 중요한 문제가 될 것이다.

위치관리 방식들은 근본적으로 사용자의 이동성과 호 발생률에 기반을 둔다. 현재 주로 제안되어 있는 위치관리 방식들은 사용자의 위치를 파악하기 위해 홈 데이터베이스와 방문자 데이터베이스로 구성된 시스템을 유지하는 2계층 구조를 가지고 있다. 이에 대해서 두가지의 표준이 존재하는데, 하나는 북미의 IS-41 방식이고, 또다른 하나는 유럽의 GSM(Global System for Mobile communications)이다. 이 두 표준들은 사용자의 이동성을 지원하기 위해 HLR/VLR 구조를 사용한다^{[3][4]}. 다음의 [그림 1]은 IS-41 위치관리 방식에 대한 MFC(Message Flow Control)를 나타낸다.

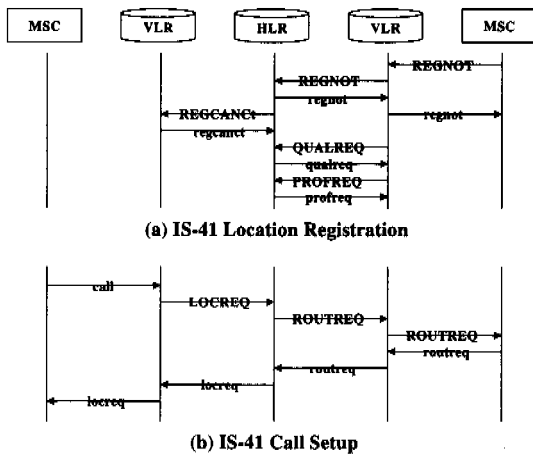


그림 1. IS-41 이동성 관리방식의 MFC

다음은 IS-41 위치관리에서의 위치등록시에 수행되는 작업들이다.

- (1) 이동단말이 새로운 등록지역으로 들어갔을 때, 이동단말은 위치등록 요청메시지를 해당등록지역의 MSC(Mobile Switching Center)로 보낸다.
- (2) MSC는 단말의 인증을 위해 인증요청 메시지(AUTHRQST)를 현재의 VLR로 전달한다. 그 후, VLR은 이 AUTHRQST 메시지를 HLR로 전달하고, HLR은 이에 대해 응답 메시지(authrqt)를 VLR을 통해 MSC로 전달한다.

- (3) 이동단말이 인증되면, MSC는 위치등록 통보 메시지(REGNOT)를 VLR로 전달한다.
- (4) VLR은 위치등록 통보 메시지(REGNOT)를 HLR로 전달하고, HLR은 새로운 MSC/VLR location entry에 대해 데이터베이스를 갱신한다. 그리고 VLR로 사용자 프로파일 정보를 포함하는 승인 메시지(acknowledge message)를 전달한다. VLR은 이를 자체 데이터베이스 내에 저장하고 MSC로 승인 메시지(acknowledge message)를 전달한다.
- (5) HLR은 위치등록 취소 메시지(REGCANC)를 이전의 VLR로 전달하고, 이 메시지를 받은 VLR은 자체 데이터베이스로부터 이동단말에 대한 내용을 삭제한 후, REGCANC 메시지를 MSC로 전달한다. 그러면, MSC는 이동단말에 대한 내용을 삭제한다.

또한, 다음은 IS-41 위치관리에서의 위치추적시에 수행되는 작업들이다.

- (1) 호가 발생하면, MSC는 호가 걸린 이동단말의 번호, MIN(Mobile Identification Number)을 수신한다.
- (2) MSC는 HLR로 위치요청 메시지(LOCREQ)를 전달함에 의해 호가 걸린 이동단말의 주소를 결정한다.
- (3) HLR은 호가 걸린 이동단말을 현재 서비스하고 있는 VLR을 결정하고, 라우트 요청 메시지(ROUTREQ)를 해당 VLR로 전달한다. 그러면, VLR은 이 메시지를 현재 이동단말로 서비스를 제공하는 MSC에게 전달한다.
- (4) MSC는 임시 식별자인 Temporary Local Directory Number(TLDN)을 이동단말에 할당하고, TLDN과 함께 응답을 HLR로 전달한다.
- (5) HLR은 이 정보를 호를 발생한 이동단말의 MSC로 전달한다.
- (6) 호를 발생한 MSC는 호가 걸린 MSC로 SS7(Signaling System Number 7) 망을 통해 호 설정을 요구한다.

IS-41 방식에서는 사용자의 수가 증가할수록 호 설정과 단말의 이동으로 인한 시그널링 트래픽이 HLR로 엄청나게 집중된다. 따라서, 이러한 시그널링을 줄일 수 있는 새로운 위치관리 방식이 요구된다. 전술된 문제점들을 없애기 위해 제안된 몇몇 개

선된 위치관리 방식들은 다음과 같다. 먼저, Caching 방식은 이전에 발생된 호로부터 호가 걸린 사용자의 위치에 대해 캐쉬된 정보를 재사용함에 의해 위치추적 비용을 줄이기 위해 제안되었다⁵⁾. 그리고, Forwarding Pointer 방식은 위치등록시의 시그널링 비용을 줄이기 위해 제안되었다⁶⁾⁷⁾. 또한, Local Anchoring 방식은 HLR로의 위치등록시 발생하는 시그널링 비용을 줄이기 위해 제안되었다⁸⁾. 이와같은 위치관리 방식들은 위치변화와 관련된 사항들을 HLR로 보내지 않음에 의해 위치등록이나 위치추적에 대한 시그널링 비용을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 PCS 네트워크 환경에서 위치관리 비용을 전반적으로 줄일 수 있는 새로운 위치관리 방식에 대해 제안한다. 제안된 방식에서는 HLR이 각각의 이동단말과 관련된 등록지역에 대응되는 일련의 VLR ID들을 유지한다. 이러한 VLR ID들은 순차적이고, 확률적으로 높은 순에서 낮은 순으로 구성되어 있다. 그러므로, 이 방식에서는 이동단말이 HLR의 리스트 내에 유지되는 등록지역 내에 존재하는 한 전체적인 위치관리 비용은 감소될 수 있다. 이는 이동단말이 리스트 내의 제한된 등록지역 안에 존재하는 한 제안된 방식이 HLR로 어떠한 위치등록 비용도 요구하지 않음에 기인한다. 제안된 방식에 대한 전반적인 위치관리 비용을 측정하기 위해, 몇가지 시뮬레이션을 수행하고, 이 결과를 IS-41 방식의 결과와 비교한다. 이를 위해, Jackson Network Model에 기반을 둔 분석적인 모델을 제시하고, 시뮬레이션의 결과로서, 위치등록과 위치추적을 포함하는 위치관리의 측면에서 제안된 방식이 기존의 IS-41 방식에 비해 더 나은 성능을 보임을 제시한다.

II장에서는 제안된 새로운 위치관리 기법에 대해 자세히 언급하고, 논문의 나머지는 새롭게 제안된 방식과 기존의 IS-41 방식간의 성능을 비교한다. III장은 Jackson Network Model에 의한 성능분석 방법에 대해 제시하고, IV장에서는 이를 통해 제안된 방식에 대한 시뮬레이션 결과를 제시하고, 이를 IS-41 방식과 비교한다. 마지막으로, V장에서 결론을 제시한다.

II. 제안된 새로운 위치관리 방식

IS-41 위치관리 방식의 가장 큰 단점은 HLR로의 bottleneck이다. 향후에는 이동통신의 기술적인 향상

에 따라서 거의 모든 사용자가 자신의 이동단말을 소유할 것으로 예상되며, 이에 따라 HLR상의 bottleneck은 미래의 이동컴퓨팅 환경에서 더욱 증가할 것으로 보인다⁹⁾.

본 논문에서는 PCS 환경하에서 위치관리 비용을 전반적으로 줄이고자 하는 새로운 방식을 제안하였다. 일반적으로, 위치관리 비용은 위치등록 비용과 위치추적 비용을 포괄하는 의미이다. 제안된 방식에서 HLR은 일련의 VLR ID들의 리스트를 유지하는데, 이 ID들은 각각의 이동단말에 대한 등록지역에 대응된다. 또한, 이러한 VLR ID들은 순차적이고, 확률적으로 높은 순에서 낮은 순으로 정렬되어 있다. 제안된 방식에서는 HLR에 의해 유지되는 리스트 내의 VLR ID들의 수를 제한할 수 있고, 특정 이동단말이 리스트 내의 VLR ID들에 대응되는 등록지역으로 위치등록을 할 확률을 파악할 수 있다. 이 시점에서, 이동단말이 HLR에 의해 유지되는 리스트 내의 VLR ID들에 대응되는 등록지역에 존재하는 한, 어떠한 위치등록 과정도 필요하지 않다. 그 결과로, 위치등록과 관련된 시그널링 비용은 배제시킬 수 있다. 향후의 이동통신환경에서는 개개인이 모두 자신의 이동단말을 소유할 것으로 예상되기 때문에, 이동통신의 초창기와 비교해서 호 발생 특성은 사용자 이동성만큼이나 중요한 요인으로 작용할 것이다. 이는 호 지역성이 위치관리 방식의 성능을 측정하는데 중요한 척도로 작용할 수 있음을 의미한다¹⁰⁾. 제안된 방식은 많은 사용자들이 등록지역을 바꾸는 비율에 비해 호를 발생하는 비율이 훨씬 빈번한 경우에 대해 효과적이다. 즉, 호 지역성의 개념에 따라 제안된 방식은 위치관리에 대한 전반적인 비용을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서 제안한 방식은 다음과 같은 사항들을 가정한다.

- ◆ HLR은 자체 데이터베이스 내에 사용자 프로파일에 대해 다음과 같은 필드들을 추가로 포함한다.

- (1) N/A 필드
- (2) VLR ID들의 리스트

N/A 필드는 어떤 이동단말이 HLR내의 리스트에 포함된 등록지역들에 존재하고 있는지 아닌

지의 여부를 나타낸다. HLR의 리스트에 포함된 등록지역에서 호가 발생한 경우에 N/A 필드는 이동단말이 현재 리스트 내의 등록지역에 존재한다는 사실을 나타낸다. 즉, 이 경우에는 N/A 필드에 어떤 값도 존재하지 않는다. 그렇지 않은 경우에, 이 필드는 HLR의 리스트에 존재하지 않는 다른 등록지역으로 등록된 이동단말을 추적하기 위해 사용될 수 있다. 즉, 필드 내에 이동단말이 현재 위치하고 있는 등록지역에 대응되는 VLR ID를 포함한다.

- HLR의 리스트 내에 포함되는 VLR ID들의 확률은 정확하게 표현될 수 있고, 또한 리스트 내의 VLR ID들의 수는 고정된 값으로 제한할 수 있다. 이 정보는 모든 사용자에게 의해 선택적으로 제공될 수 있어야 한다.

1. 제안된 방식에서의 위치등록 과정

전술한 것처럼, VLR ID들의 리스트와 N/A 필드로 구성된 몇몇 필드가 각각의 이동단말에 대해 HLR에 첨가되고, 이는 HLR의 데이터베이스에 존재하는 사용자 프로파일에 몇가지 필드들을 추가함에 의해 이루어질 수 있다. [그림 2] 는 제안된 위치관리 방식에 있어서의 위치등록 과정을 나타낸다. 제시된 그림에서는 특정 이동단말에 대해 HLR이 3개의 VLR ID 들을 유지하고 있다.

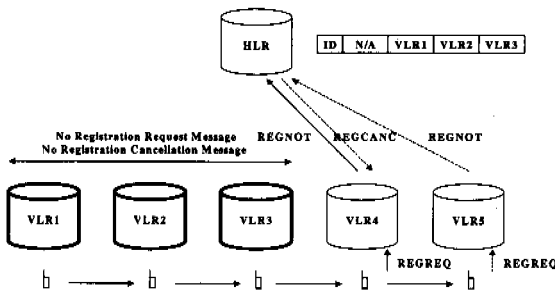


그림 2. 제안하는 위치관리 방식의 위치등록과정

그림에 제시된 바와 같이, 제안된 방식에서는 이동단말이 리스트 내에 유지되는 3개의 등록지역 내에서 이동하는 한 어떠한 위치등록 과정도 요구하지 않는다. 이는 위치등록이 단순히 이동단말이 리스트 내의 3개의 등록지역 이외의 다른 등록지역으로 이동하는 경우에만 발생함을 의미한다. 즉, 이동단말이 리스트 내의 등록지역 내에 존재하는 경우에는 HLR이 이 정보를 유지하고 있기 때문에 별도

의 위치등록이 필요하지 않게 된다는 의미이다. HLR내의 리스트에 존재하는 3개의 VLR ID들은 순차적이고, 확률적으로 이동단말이 존재할 확률을 기준으로 높은 순에서 낮은 순으로 구성되어 있다. 그러므로, HLR의 리스트 내에 존재하는 해당 VLR ID들에 대응되는 등록지역들로 이동단말이 위치등록을 수행할 확률을 파악할 수 있다.

이와는 다르게, 현재 이동단말이 HLR의 리스트 내에 유지되는 등록지역 내에 존재하지 않을 경우에는 기존의 IS-41 방식과 같은 위치등록 과정이 수행될 수 있다. 향후의 PCS 환경을 고려할 때, 거의 모든 개인이 하나의 이동단말을 소유할 것이라고 예상되고, 개인당 호 발생률이 등록지역을 변경하는 이동물에 비해 상대적으로 높다고 예상된다⁹⁾. 이는 이동단말이 제한된 몇몇 특정한 등록지역들로 위치등록을 수행할 확률이 상대적으로 높다는 것을 의미한다. 따라서, 이러한 호 지역성의 측면에서 살펴볼 때, 제안된 방식은 기존의 IS-41 방식에 비해 더 나은 성능을 보장할 수 있을 것으로 보인다.

2. 제안된 방식에서의 위치추적 과정

위치등록 과정과 마찬가지로, HLR내의 리스트 내에 유지되는 VLR ID 의 수는 제한되어 있다고 가정한다. 다음은 제안된 방식에서의 위치추적시 발생하는 과정들이다.

- (1) 호를 발생한 이동단말은 호 시작신호를 근처의 기지국을 통해 현재의 MSC로 전달한다.
- (2) VLR은 호가 걸린 이동단말을 찾는다.
- (3) 호가 걸린 이동단말이 발견되면, MSC를 통해 호가 걸린 이동단말로 TLDN(Temporary Local Directory Number)을 할당한다.

아니면, 다음의 과정들을 수행한다.

- (4) MSC는 HLR로 위치요청 메시지를 전달한다.
- (5) HLR은 먼저 N/A 필드를 확인하고 다음과 작업들을 수행한다.

- N/A 필드가 비어있다면, 호가 걸린 이동단말에 대한 검색을 시작하고, 리스트 내의 VLR ID들에 대응되는 등록지역들을 순차적으로 확인한다. 이러한 검색작업은 이동단말의 현재 등록지역이 발견될 때까지 계속된다. 각 검색과정 동안에 호가 걸린 이동단말을 찾기 위해 순차적

인 HLR내의 VLR ID의 리스트에 따라 순서적으로 MSC로 query가 전달된다.

- N/A 필드가 비어있지 않고 VLR ID를 포함하고 있으면, 이는 이동단말이 HLR의 리스트 내에 유지되는 등록지역 이외의 다른 지역에 현재 위치등록을 하고 있다는 것을 나타내는 것이므로, 호를 발생한 이동단말은 HLR내의 N/A 필드에 의해 명시된 VLR로 query를 전송하고, 이를 통해 호가 걸린 이동단말을 성공적으로 추적할 수 다.

- (6) 호가 걸린 이동단말이 발견되면, HLR은 호가 걸린 이동단말의 VLR로 ROUTReq 메시지를 전송한다.
- (7) 호가 걸린 이동단말의 VLR은 MSC를 통해 TLDN을 할당하고, 이를 HLR로 전송한다.
- (8) HLR은 이 TLDN을 호를 발생한 이동단말의 VLR로 전달한다.

미래의 PCS 환경에서는 이동통신에 대한 수요가 증가할 것이라고 예상할 수 있고, 이동통신 서비스 사용자당 호 발생률이 엄청나게 증가하는 반면, 사용자의 이동에 따른 등록지역의 변경은 몇몇 제한된 지역 내에서 이루어질 것으로 예상된다. 이는 호 발생비율에 따른 이동비율이 상대적으로 작아짐을 의미한다. 따라서, 이러한 호 지역성의 측면에서 살펴보면, 제안된 방식이 위치등록과 관련된 비용을 현저하게 줄일 수 있으므로 기존의 IS-41 위치관리 방식에 비해 성능면에서 효율적이라고 볼 수 있다⁹⁾. 제안된 방식에서는 HLR내에 유지되는 VLR ID들의 수를 제한할 수 있도록 하는데, 이는 호를 발생한 이동단말의 MSC 내에서의 전반적인 큐잉지연을 감소시키기 위함이다. 이는 또한, PCS 시스템의 전반적인 성능향상으로 이어질 수 있다.

III. 제안된 방식에 대한 성능분석

PCS 네트워크의 성능분석은 크게 두가지 방식으로 고려될 수 있다. 하나는 네트워크 자원의 사용에 대한 것이고, 다른 하나는 processing delay에 대한 것이다. 본 논문에서는 위치관리에 요구되는 메시지의 수와 지연시간을 모두 고려한다.

성능분석을 위해 Jackson Network에 기반을 둔 PCS 모델을 고려하였는데, 이 모델에는 하나의

HLR과 다수의 VLR들이 존재하며, 각각은 하나의 노드로서 표시되며, 모든 노드는 서로 통신을 할 수 있다.

Jackson Network은 일반적으로 다음과 같은 특징을 갖는다.^[11]

- ◆ HLR과 VLR은 하나의 서버로 구성되어 있는데, 이 서버는 지수분포의 메시지 처리시간과 무한 큐를 가지고 있다.
- ◆ 하나의 등록지역에서 발생하는 위치등록과 위치추적 메시지는 포아송 분포를 나타낸다.
- ◆ PCS 망은 시그널링을 위해 SS7 망을 사용하고, SS7 망을 구성하는 노드들에서는 어떠한 처리지연도 없다.

제안된 방식에 대한 성능을 분석하기 위해 이러한 특징을 갖는 Jackson Network Model을 기존의 방식과 제안된 방식에 대해 적용하고 그 결과를 비교, 제시한다. 비교기준은 다음과 같다.

- ◆ 위치등록에 요구되는 메시지의 수
- ◆ 위치추적에 요구되는 메시지의 수
- ◆ 위치관리를 위해 요구되는 메시지의 수
- ◆ VLR에 대한 메시지 처리시간
- ◆ HLR에 대한 메시지 처리시간
- ◆ 위치관리에 대한 메시지 처리시간

아래의 [그림 3], [그림 4]는 IS-41 방식과 제안된 방식에 대한 Jackson Network Model을 나타내며, 위치관리를 수행할 때 발생하는 위치등록 메시지(λ_r)와 위치추적 메시지(λ_s)의 흐름을 보여준다.

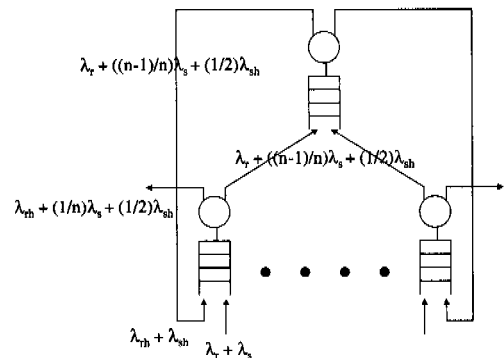


그림 3. IS-41 방식에 대한 Jackson Network Model

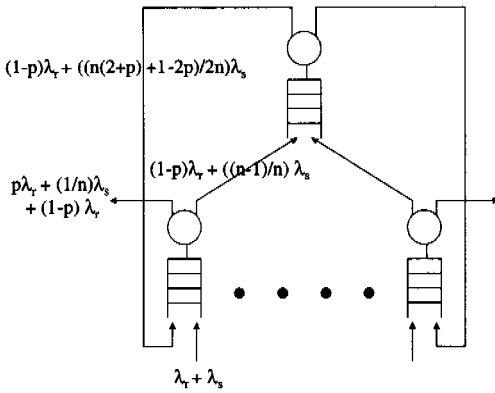


그림 4. 제안된 방식에 대한 Jackson Network Model

각각의 파라미터들은 다음과 같다.

- ◆ λ_r : 위치등록 요청메시지
- ◆ λ_s : 호 요청 메시지
- ◆ n : HLR 당 VLR들의 수
- ◆ p : 이동단말 사용자가 HLR내의 VLR ID들에 대응되는 특정한 등록지역으로 위치등록을 할 확률

IS-41 방식과 마찬가지로, 제안된 방식에 대해 메시지의 수를 구할 수 있다. [그림 3] 에서 보느냐와 같이 VLR에서 큐를 통과하고 없어지는 것은 VLR에서 메시지의 처리가 종료됨을 의미한다. 한편, HLR에서 발생된 메시지가 다시 VLR로 들어와서 처리되는 것을 알 수 있다. 즉, 위치등록시 VLR에서 처리되는 메시지의 수는 IS-41의 경우에 VLR로 들어오는 메시지 λ_r 과 HLR에서 처리되어 다시 VLR로 들어오는 메시지 λ_r 의 합인 $2\lambda_r$ 이 되고, HLR에서 처리되는 메시지의 수는 n 개의 VLR들로부터 들어오는 λ_r 의 n 배인 $n\lambda_r$ 이 된다. 그러므로, IS-41 방식에서 위치등록에 요구되는 메시지의 수는 n 개의 VLR에서 처리되는 메시지의 수와 HLR에서 처리되는 메시지의 수를 합한 $3n\lambda_r$ 가 된다. 제안된 방식에 대해서는 [그림 4] 에서 보는 것처럼 위치등록시 VLR에서 처리되는 메시지의 수는 VLR로 들어오는 메시지 λ_r 과 HLR에서 처리되어 다시 VLR로 들어오는 메시지 $(1-p)\lambda_r$ 의 합인 $(2-p)\lambda_r$ 이 되고, HLR에서 처리되는 메시지의 수는 n 개의 VLR들을 거치고, 처리되지 않은 메시지를 의미하는 $(1-p)\lambda_r$ 의 n 배인 $(1-p)n\lambda_r$ 이 된다. 그러므로, 제

안된 방식에서 위치등록을 위한 메시지의 총 수는 n 개의 VLR에서 처리되는 메시지의 수와 HLR에서 처리되는 메시지의 총 수를 합한 $n(3-2p)\lambda_r$ 이 된다.

위치추적을 위한 메시지의 수도 같은 방법으로 구할 수 있다. IS-41 방식의 경우에는 위치추적시 VLR에서 처리되는 메시지의 수는 VLR로 들어오는 메시지 λ_s 와 HLR에서 처리되어 다시 VLR로 들어오는 메시지 $(2(n-1)/n)\lambda_s$ 의 합인 $((3n-2)/n)\lambda_s$ 가 된다. 한편, HLR에서 처리되는 메시지의 수는 VLR에서 처리되지 않은 메시지 $((n-1)/n)\lambda_s$ 와 HLR에서 처리된 후 다시 VLR를 거쳐 HLR로 들어오는 메시지 $((n-1)/n)\lambda_s$ 의 합으로, 이러한 메시지가 n 개의 VLR로부터 들어오기 때문에 $(2n-2)\lambda_s$ 가 된다. 그러므로, IS-41 방식에서 위치추적에 요구되는 메시지의 수는 n 개의 VLR에서 처리되는 메시지의 수와 HLR에서 처리되는 메시지의 수를 합한 $(5n-4)\lambda_s$ 가 된다. 한편, 제안된 방식에서 위치추적시 VLR에서 처리되는 메시지의 수는 VLR로 들어오는 메시지 λ_s 와 HLR에서 처리된 후 다시 VLR로 들어오는 메시지 $((np+1-2p)/n)\lambda_s$ 의 합인 $((2n+np+1-2p)/2n)\lambda_s$ 가 된다. 한편, HLR에서 처리되는 메시지의 수는 n 개의 VLR를 거치고, HLR에서 처리된 후 다시 VLR를 거쳐 HLR로 들어오는 메시지 $((n-1)/n)\lambda_s$ 와 $((2n+np+1-2p)/2n)\lambda_s$ 의 합으로 $((4n+np-1-2p)/2)\lambda_s$ 가 된다. 따라서, 제안된 방식에서 위치추적을 위한 메시지의 총 수는 n 개의 VLR에서 처리되는 메시지의 수와 HLR에서 처리되는 메시지의 총 수를 합한 $(3n+np-2p)\lambda_s$ 가 된다.

아래의 [표 1] 과 [표 2] 는 이러한 방법으로 계산된 IS-41 방식과 제안된 방식에 대해 위치등록과 위치추적에 필요한 메시지의 수를 요약한다.

표 1. 위치등록을 위한 메시지의 수

	λ_{R-VLR}	λ_{R-HLR}	MSG_R
IS-41	$2\lambda_r$	$n\lambda_r$	$3n\lambda_r$
Suggested	$(2-p)\lambda_r$	$(1-p)n\lambda_r$	$n(3-2p)\lambda_r$

표 2. 위치추적을 위한 메시지의 수

	λ_{S-VLR}	λ_{S-HLR}	MSG_S
IS-41	$((3n-2)/n)\lambda_s$	$(2n-2)\lambda_s$	$(5n-4)\lambda_s$
Suggested	$((n(2+p)+1-2p)/2n)\lambda_s$	$((n(4+p)-1-2p)/2)\lambda_s$	$n(3+p-2p)\lambda_s$

한편, Little's Result를 이용하여 서버에 존재하는 메시지의 평균 개수를 알 때, 평균 메시지처리 지연 시간을 구할 수 있으며, 그 식은 다음과 같다.

$$W = L / \lambda = 1 / (\mu - \lambda)$$

여기서, μ 는 메시지 처리용량을 나타내고, HLR에 대해서 3000/s, VLR에 대해서 2000/s로 가정한다. 위의 Little's Result를 이용해서 IS-41 방식에 대해서 HLR과 VLR 각각에 대해 다음과 같이 메시지 처리지연을 계산할 수 있다. λ_v 와 λ_h 는 위에서 구한 IS-41 방식에서의 VLR과 HLR에 걸리는 메시지의 개수를 나타낸다.

$$W_{VLR} = 1 / (\mu_v - \lambda_v) = 1 / (\mu_v - (2\lambda_r + ((3n-2)/n)\lambda_s)) \quad (1)$$

$$W_{HLR} = 1 / (\mu_h - \lambda_h) = 1 / (\mu_h - n(\lambda_r + ((n-1)/n)\lambda_s + (1/2)\lambda_{sh})) = 1 / (\mu_h - n(\lambda_r + ((2n-2)/n)\lambda_s)) \quad (2)$$

제시된 HLR과 VLR에 대한 메시지 처리용량은 위치등록과 위치추적을 처리하기 위해 충분한 네트워크 자원이 없다는 상황에서 선택한 값으로, 네트워크가 여유롭지 못한 상황에서의 성능분석이 시스템의 전반적인 성능을 명확하게 보여줄 수 있을 것이기 때문에 이러한 값을 설정하고 성능분석을 수행하였다. 이는 좀더 충분한 네트워크 상황을 고려할 때, 성능분석이 다소 차이가 날 수 있음을 의미한다. 위의 식 (1), (2)로부터 전체 위치관리 지연은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$\text{위치관리 지연} = \text{위치등록 비율} * \text{위치등록 지연} + \text{위치추적 비율} * \text{위치추적 지연}$$

위의 식을 적용하여, IS-41 방식과 제안된 방식에 대해 위치관리 처리지연을 계산할 수 있고, 그 결과는 다음의 [표 3]에 나타나 있다.

표 3. 위치관리 지연

	W(위치관리 처리지연)
IS-41	$(\lambda_r / (\lambda_r + \lambda_s))(2W_{VLR} + W_{HLR}) + (\lambda_s / (\lambda_r + \lambda_s))((1/n)W_{VLR} + ((n-1)/n)(3W_{VLR} + 2W_{HLR}))$
Suggested	$(\lambda_r / (\lambda_r + \lambda_s))((2-p)W_{VLR} + (1-p)W_{HLR}) + (\lambda_s / (\lambda_r + \lambda_s))((1/n)W_{VLR} + ((n-1)/n)(3p)W_{VLR} + ((n-1)/n)(1-p)(3W_{VLR} + 2W_{HLR}))$

이제, PCS 사용자들을 위한 이동성 모델을 결정해야 한다. 본 논문에서는 Fluid Flow 이동성 모델이라는 단순한 이동성 모델을 고려하여, PCS 사용자들이 v 라는 평균속도로 이동하고, 이동의 방향은 $[0, 2\pi]$ 사이에서 균일하게 분포되어 있다고 가정하였다. 또한, PCS 사용자는 ρ 의 밀도로 균일하게 모여있고, 등록지역의 경계를 길이 L 로 가정하여, 등록지역횡단의 비율 R 을 $((\rho vL)/\pi)$ 로 계산하였다. 이 식을 통해, 위치등록과 위치추적에 필요한 시그널링 트래픽을 계산하였다.

그외에, 필요한 가정들은 다음과 같다.^[3]

- ◆ 한 HLR 당 VLR들의 수, $n = 128$
- ◆ RA의 한 경계 길이, $l = 7.575 \text{ km}$
- ◆ RA의 전체 경계 길이, $L = 4 * l = 30.3 \text{ km}$
- ◆ RA의 넓이, $S = l * l = 57.4 \text{ km}^2$
- ◆ 이동단말의 평균밀도, $\rho = 390/\text{km}^2$
- ◆ 이동단말의 평균속도, $v = 5.6\text{km/hr}$
- ◆ 평균 호 발생률, $c = 1.4/\text{hr}$
- ◆ 이동단말의 전체 수, $N = n * S * \rho = 2.87 \text{ million}$

위의 파라미터들로부터 단위시간당 한 RA를 가로지르는 이동단말의 평균개수를 계산함에 의해 위치등록 요청메시지 λ_r 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\lambda_r = R * c = \rho vL/\pi = (390 * 5.6 * 30.3) / 3600\pi = 5.85/\text{s}$$

마찬가지로, 위치과와 요청메시지 λ_s 는 시스템 전체의 호 발생률을 RA의 수 n 으로 나누어 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\lambda_s = (c * N) / 3600n = (1.4 * 2.87 * 10^6) / (128 * 3600) = 8.705666667/\text{s}$$

이 값들을 가지고, 위치관리에 필요한 메시지의 수와 지연을 계산할 수 있게 된다.

IV. 시뮬레이션 결과

이 절에서는 전술한 계산들을 바탕으로 제안된 위치관리 방식에 대한 성능분석 결과를 제시한다. 아래의 그림들은 IS-41 방식의 성능과 제안된 방식의 성능을 비교한 결과를 나타내는 그림들이다. 본 논문에서는 다음과 같은 대상에 대해 비교한다.

- ◆ MSG_R : 위치등록을 위해 요구되는 메시지들의 수
- ◆ MSG_S : 위치추적을 위해 요구되는 메시지들의 수
- ◆ MSG : 위치관리를 위해 요구되는 메시지들의 수
- ◆ W_{VLR} : VLR에서의 처리지연
- ◆ W_{HLR} : HLR에서의 처리지연
- ◆ W : 위치관리에서의 처리지연

[그림 5]는 위치등록을 위해 필요한 메시지들의 수에 대한 비율을 나타낸다. X축은 어떤 이동단말 사용자가 HLR내의 VLR들에 대응되는 특정 등록지역으로 위치등록을 할 확률을 나타내고, Y축은 IS-41 방식의 결과값을 제안된 방식의 결과값으로 나눈 비율을 나타낸다. 즉, 이 비율은 이동단말 사용자가 특정 VLR에 대해 위치등록을 할 확률에 따른 IS-41 방식의 위치등록시의 메시지들의 수와 제안된 방식에서의 위치등록시의 메시지들의 수의 비율을 나타낸다. 이 값이 1이면, IS-41 방식과 제안된 방식의 성능이 같은 것으로 볼 수 있고, 1 보다 작으면, IS-41 방식에서 발생하는 메시지가 더 적다는 의미이므로, IS-41 방식의 성능이 제안된 방식의 성능보다 우수한 것이다. 반면에, 값이 클수록 제안된 방식에서 발생하는 메시지의 수가 작아진다는 의미이므로, 이 경우에는 제안된 방식의 성능이 IS-41 방식의 성능에 비해 우수한 것으로 생각할 수 있다. 이 그림에서는, 확률이 증가함에 따라 IS-41 방식/제안된 방식의 비율이 역시 증가함을 알 수 있다. 이는 어떤 이동단말이 HLR내의 특정 등록지역에 위치등록을 할 확률이 증가할수록, 제안된 방식이 IS-41 방식에 비해 우수함을 의미하는 것이다. P가 0 인 경우, 이동단말은 HLR의 list내에 존재하지 않는 다른 등록지역으로 위치등록을 하기 때문에, 이 경우에서의 성능은 제안된 방식이나 IS-41 방식이나 마찬가지이다. 한편, p가 1 인 경우, 이는 HLR이 유지하는 VLR ID들에 대해서만 위치등록을 하는 경우이므로, 이 경우는 IS-41 방식에 비해 3배 정도의 성능향상을 보인다.

[그림 6]는 위치추적에 대해 요구되는 메시지들의 수에 대한 비율을 나타낸다. 마찬가지로, X축은 어떤 이동단말 사용자가 HLR내의 VLR들에 대응되는 특정 등록지역으로 위치등록을 할 확률을 나타내고, Y축은 IS-41 방식의 결과값을 제안된 방식의 결과값으로 나눈 비율을 나타낸다. 즉, 이는 이동단말 사용자가 특정 VLR에 대해 위치등록을 할 확률에 따른 IS-41 방식의 위치추적시의 메시지들의 수

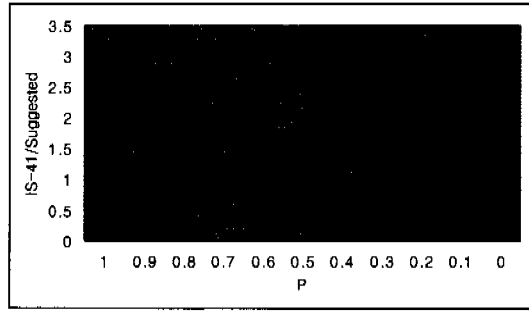


그림 5. MSG_R 에 대한 비율 (IS-41 방식/제안된 방식)

와 제안된 방식에서의 위치추적시의 메시지들의 수의 비율을 나타낸다. 마찬가지로, 이 값이 1이면, IS-41 방식과 제안된 방식의 성능이 같은 것이고, 1 보다 작으면, IS-41 방식의 성능이 제안된 방식의 성능보다 우수한 것이다. 반면에, 값이 클수록 제안된 방식의 성능이 IS-41 방식의 성능에 비해 우수한 것으로 생각할 수 있다. 이 그림에서는 확률이 증가함에 따라 IS-41 방식/제안된 방식의 비율이 감소함을 알 수 있다. 이는 어떤 이동단말 사용자가 HLR내의 리스트에 존재하는 VLR ID에 대응되는 특정 등록지역들로 위치등록을 할 확률이 증가함에 따라, 제안된 방식에서 위치추적을 위해 요구되는 평균 메시지들의 수가 약간 증가함을 의미한다. 위치추적에 있어서는 특정 지역에 대해 위치등록을 할 확률이 증가함에도 불구하고, IS-41 방식에 비해 제안된 방식의 메시지들의 수가 증가하기는 하지만, 비율이 1보다 크기 때문에 성능면에서는 우위에 있다고 할 수 있다. 즉, 그림에서 P가 1 인 경우, IS-41/제안된 방식의 비율이 최소임을 알 수 있다. 하지만, 이 비율이 1 보다 크기 때문에, 제안된 방식의 성능이 최악의 경우라도 IS-41 방식의 성능에 비해서는 좋다는 것을 알 수 있다. 유사하게, P가 0 인 경우, 제안된 방식의 성능은 IS-41 방식의 성능에 비해 2.5 배 정도의 우위를 나타낸다.

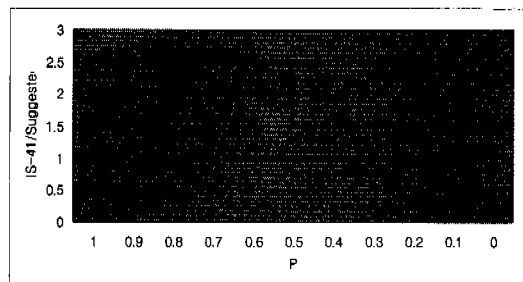


그림 6. MSG_S 에 대한 비율 (IS-41 방식/제안된 방식)

[그림 7] 은 위치관리에 요구되는 메시지들의 수와 위치추적을 위해 요구되는 메시지들의 수의 합에 대한 비율, 즉, 위치관리에 대해 요구되는 메시지들의 수에 대한 비율을 나타낸다. 역시, X축은 어떤 이동단말 사용자가 HLR내의 VLR들에 대응되는 특정 등록지역으로 위치등록을 할 확률을 나타내고, Y축은 IS-41 방식에서 발생하는 전체 메시지들의 수를 제안된 방식에서 발생하는 전체 메시지들의 수로 나눈 비율을 나타낸다. 즉, 이동단말 사용자가 특정 VLR에 대해 위치등록을 할 확률에 따른 IS-41 방식의 전체 메시지들의 수와 제안한 방식에서의 전체 메시지들의 수의 비율을 나타낸다. 마찬가지로, 이 값이 1이면, IS-41 방식과 제안된 방식의 성능이 같은 것이고, 1 보다 작으면, IS-41 방식의 성능이 제안된 방식의 성능보다 우수한 것이다. 반면에, 값이 클수록 제안한 방식의 성능이 IS-41 방식의 성능에 비해 우수한 것으로 생각할 수 있다. 그림에서 보듯이와 같이, P가 1 인 경우, IS-41 방식은 거의 제안된 방식에 비해 2.21 배 정도 많은 메시지들을 생성함을 알 수 있다. 유사하게, P가 0 인 경우, IS-41 방식은 제안된 방식에 비해 1.74 배 많은 메시지들을 생성한다. 이 그림에서도 확률이 증가할수록, 제안된 방식이 IS-41 방식에 비해 향상된 성능을 보임을 알 수 있으며, 결국 이는 제안된 방식이 VLR과 HLR간에 교환되는 메시지들의 수를 감소시킴을 의미하는 것이다.

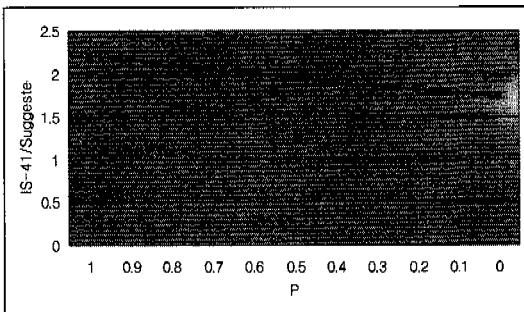


그림 7. MSG에 대한 비율 (IS-41 방식/제안된 방식)

[그림 8] 은 VLR 상에서의 처리지연에 대한 비율을 나타낸다. 그림에서 X축과 Y축은 각각 어떤 이동단말 사용자가 HLR내의 VLR들에 대응되는 특정 등록지역으로 위치등록을 할 확률과 IS-41 방식의 VLR에서 생기는 처리지연을 제안된 방식의 VLR에서 생기는 처리지연으로 나눈 비율을 나타낸다. 즉, 이동단말 사용자가 특정 VLR에 대해 위치

등록을 할 확률에 따른 IS-41 방식의 VLR 처리지연과 제안한 방식의 VLR 처리지연의 비율을 나타낸다. 역시, 이 비율이 1이면, IS-41 방식과 제안된 방식의 VLR에서의 처리지연이 같다는 의미이고, 1 보다 작으면, IS-41 방식의 VLR 처리지연이 제안된 방식의 VLR 처리지연보다 작다는 의미이다. 반면에, 값이 크면 제안한 방식의 VLR 처리지연이 IS-41 방식의 VLR 처리지연에 비해 우수한 것으로 생각할 수 있다. 제시된 것처럼, 확률이 증가할수록, IS-41 방식/제안된 방식의 비율이 약간씩 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 제안된 방식이 IS-41 방식에 비해 약간 더 나은 성능을 보임을 의미하며, IS-41 방식이 제안한 방식에 비해 VLR에서 다소 많은 처리지연을 갖는 것을 나타낸다.

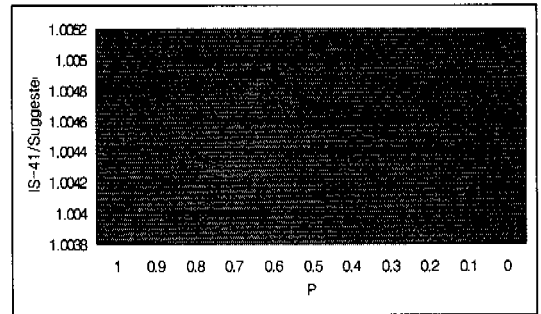


그림 8. WVLR에 대한 비율 (IS-41 방식/제안된 방식)

[그림 9] 은 HLR 상에서의 처리지연에 대한 비율을 나타낸다. 이전과 마찬가지로, X축과 Y축은 각각 어떤 이동단말 사용자가 HLR내의 VLR들에 대응되는 특정 등록지역으로 위치등록을 할 확률과 IS-41 방식의 HLR에서 생기는 처리지연을 제안된 방식의 HLR에서 생기는 처리지연으로 나눈 비율을 나타낸다. 즉, 이동단말 사용자가 특정 VLR에 대해 위치등록을 할 확률에 따른 IS-41 방식의 HLR 처리지연과 제안한 방식의 HLR 처리지연의 비율을 나타낸다. 마찬가지로, 이 비율이 1이면, IS-41 방식과 제안된 방식의 HLR에서의 처리지연이 같다는 의미이고, 1 보다 작으면, IS-41 방식의 HLR 처리지연이 제안된 방식의 HLR 처리지연보다 작다는 의미이다. 반면에, 값이 크면 제안한 방식의 HLR 처리지연이 IS-41 방식의 HLR 처리지연에 비해 우수한 것으로 생각할 수 있다. 그림에 나타난 바와 같이, 제안된 방식의 성능이 IS-41 방식의 성능에 비해 훨씬 더 우위에 있음을 알 수 있다. 즉, P가 0 인 경우, 제안된 방식은 IS-41 에 비해 대략 0.6 배

정도의 성능향상을 보인다. 그리고, P가 1 인 경우에 제안된 방식은 IS-41 방식에 비해 대략 5.6 배 정도만큼의 성능향상을 보인다. 즉, 확률이 증가할 수록, IS-41 방식/제안된 방식의 비율이 상당히 증가하는 것을 알 수 있고, 이는 특정한 등록지역으로 위치등록을 수행할 확률의 증가에 따라 HLR 상에서의 처리지연이 제안된 방식에 비해 기존의 IS-41 방식이 훨씬 더 크다는 것을 나타낸다.

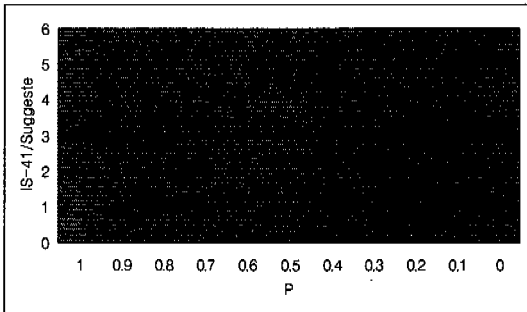


그림 9. WHLR에 대한 비율(IS-41 방식/제안된 방식)

마지막으로 [그림 10] 는 위치관리에 소요되는 전반적인 처리지연에 대한 비율을 나타낸다. 이전과 동일하게 X축과 Y축은 각각 어떤 이동단말 사용자가 HLR내의 VLR들에 대응되는 특정 등록지역으로 위치등록을 할 확률과 IS-41 방식의 전체 처리지연을 제안된 방식의 전체 처리지연으로 나눈 비율을 나타낸다. 즉, 이동단말 사용자가 특정 VLR에 대해 위치등록을 할 확률에 따른 IS-41 방식의 처리지연과 제안한 방식의 처리지연의 비율을 나타낸다. 이전과 같이, 이 비율이 1이면, IS-41 방식과 제안된 방식의 처리지연이 같다는 의미이고, 1 보다 작으면, IS-41 방식의 처리지연이 제안된 방식의 처리지연보다 작다는 의미이다. 반면에, 값이 크면 제안한 방식의 처리지연이 IS-41 방식의 처리지연에 비해 우수한 것으로 생각할 수 있다. 그림에서 제안된 방식은 IS-41 방식에 비해 향상된 성능을 보이는데, 이는 HLR에서의 처리지연이 위의 결과에서와 같이 상당한 성능향상을 보임에 기인한다고 볼 수 있다. 즉, 확률 P가 증가함에 따라 IS-41 방식/제안된 방식의 처리지연에 대한 비율이 엄청나게 증가하는 것을 볼 수 있고, 확률 P가 1 인 경우, 제안된 방식은 IS-41 방식에 비해 13 배 정도의 우위를 보인다. 즉, IS-41 방식에서는 제안된 방식에 비해 엄청난 처리지연이 걸리므로, HLR 상에 엄청나게 많은 부하가 걸리는 것을 의미한다.

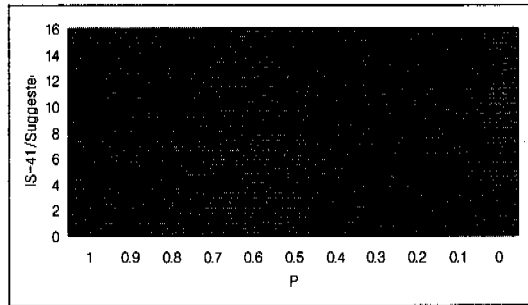


그림 10. W에 대한 비율(IS-41 방식/제안된 방식)

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 표준 IS-41 방식과 GSM 방식에서 가장 중요한 문제점인 HLR 상에 걸리는 과도한 부하를 줄일 수 있는 새로운 방법을 제시하였다. 시뮬레이션을 통해 제안된 방식이 기존의 IS-41 방식에 비해 위치등록, 위치추적에 요구되는 메시지들의 수나 전반적인 메시지들의 수, VLR, HLR 상에 걸리는 처리지연, 전반적인 위치관리 처리지연 등의 측면에서 더 나은 성능을 보임을 확인하였다. 즉, 위치등록에 요구되는 메시지의 수는 IS-41 방식에 비해 1 - 3배 정도의 성능향상을 보였고, 위치추적에 대해서는 2 - 2.5 배의 성능향상을 보였다. 또한, VLR에 대한 위치관리 처리지연은 1.0043 - 1.005 정도의 성능향상을 보였고, HLR에 대해서는 0.6579 - 5.6818 정도의 성능향상을 보임을 알 수 있다. 이와같이 제안된 방식은 특별히 HLR 상에서의 처리지연에 있어서 상당히 많은 성능향상을 보였고, 이는 전반적인 위치관리에서 발생하는 메시지들의 수와 소요되는 처리지연의 감소로 나타났다. 제안된 방식은 현재의 단말기나 망 구조를 바꾸지 않고도 적용할 수 있다고 생각되며, 이를 위해서는 HLR내의 사용자 프로파일에 대해 약간의 더 많은 저장공간을 필수적으로 요구하게 된다. 미래의 이동통신 환경을 고려할 때, 이동단말 사용자의 수가 급격하게 증가할 것으로 예상되기 때문에, 이러한 환경에서는 위치추적에 대한 요구가 위치등록에 대한 요구에 비해 훨씬 더 많은 것으로 생각된다. 그러므로, HLR 상에서 처리되는 부하가 엄청나게 많아질 것이고, 기존의 IS-41 방식은 이러한 문제에 대해 효율적이지 않을 것이다.

향후의 연구에서는 큐잉모델의 단순함을 극복하기 위해 좀 더 실제에 가까운 시뮬레이션 모델을

제안하고, 결과를 도출하거나 본 논문의 시뮬레이션에서 상수로 고정되었던 여러 파라미터들을 변화시켜 가면서 시뮬레이션 전용 소프트웨어를 사용하여 실제 처리 속도 등을 고려한 조금더 정확히 성능분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 시뮬레이션 전용 소프트웨어를 사용한 실제 속도 처리 등에 대한 비교분석이 추가될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] V.K. GARG, E.L. SNEED, Waverly E. Gooding, "Subscriber Data Management in personal Communications Services Networks," IEEE Personal Communications, pp.33-39, June. 1997.

[2] G.P. Pollini, Chin-Lin I, "A Profile-Based Location Strategy and Its Performance," IEEE JSAC vol.15, no.8, pp.1415-1424, Oct.1997.

[3] S. Mohan, R. Jain, "Two User Location Strategies for Personal Communications Service," IEEE Personal Communications, First Quarter, pp.42-50, 1994.

[4] Sami Tabbane, "Location Management Methods for Third-Generation Mobile Systems," IEEE CM Aug.1997.

[5] R. Jain, Y.B. Lin, C.N. Lo, and S.Mohan, "A Caching Strategy to reduce network impacts of PCS," IEEE JSAC, vol.12, no.8, pp.1434-1445, 1994

[6] R. Jain, Y.B. Lin, "An Auxiliary User Location Strategy Employing Forwarding Pointers to reduce network impacts of PCS," ACM-Baltzer Journal of Wireless Network, July. 1995.

[7] P. Krishna, N.H. Vaidya, D.K. Pradhan, "Forwarding Pointers for Efficient Location Management in Distributed Mobile Environments," Technical Report #94-061, Sep. 1994.

[8] I.F. Akyildiz, J.S.M. Ho, "On Location Management for Personal Communications Network," IEEE Communications Magazine, vol.34, no.9, pp.135-146, Sep.1996.

[9] J.Z. Wang, " A Fully Distributed Location Registration Strategy for Universal Personal Communication Systems," IEEE Personal Communications, First Quarter 1994, pp.42-50

[10] X.Qui, V.O.K.Li, "Performance Analysis of PCS Mobility Management Database System," Proc. USC/IEEE Int'l Conf. Com. Commun. and Networks, Sept, 1995

[11] J.Kleinrock, Queueing Systems, Vol.1, Wiley-Interscience, 1975

한 진 백(Gene-beck Hahn)

1993년~1997년 : 고려대학교, 전산학과(이학사)
 1998년~2000년 : 연세대학교, 컴퓨터과학과 정보통신 전공(공학석사)
 2000년~현재 : 연세대학교 컴퓨터과학과 정보통신 전공(박사과정)
 <주관심 분야> PCS, 무선 ATM, IMT-2000, 무선 인터넷, 무선 이동통신 보안

송 주 석(Joo-Seok Song)

1972년~1976년 : 서울대학교, 전기공학과(공학사)
 1977년~1979년 : 한국과학원, 전기 및 전자 전공(공학석사)
 1983년~1988년 : Univ. of California at Berkeley, 컴퓨터과학 전공(공학박사)
 1988년~1989년 : Assistant Professor in Naval Postgraduate School
 1989년~현재 : 연세대학교 컴퓨터과학과, 정교수
 <주관심 분야> Information Security, Cryptography, Congestion Control in ATM Networks, Protocol Engineering, PCS