

클라이언트-서버 모델을 사용한 디지털 이동통신 시스템의 로우밍 기능 구현에 관한 연구

正會員 林 善 培* 正會員 朴 鎮 雨**

A Study on Implementation of Roaming Function in Digital Mobile Communications System using a Client-Server Model

Sun Bae Lim*, Jin Woo Park** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 디지털 이동통신 시스템에 대하여 전반적으로 소개하고 가장 중요한 기능의 하나인 로우밍 기능 구현을 위한 클라이언트-서버 모델을 제안하고 이에 대한 실험 및 고찰에 대하여 기술한다.

ABSTRACT

In this paper, we describe the general concept of digital mobile communications system and present a client-server model for the implementation of roaming function, which is one of the most important functions in digital mobile communications system. And finally we also describe our simulation test and analysis for the presented client-server model.

I. 서 론

이동통신이란 전파라는 무선매체를 이용하여 언제, 어디서나, 누구하고도 통신을 가능하게 하여주는 새로운 형태의 통신서비스이다. 기존의 고정 전화망(Public Switched Telephone Network : PSTN)에서는 가입자들의 위치가 고정적이므로 이들간의 호 성립(call setup)은 발신자가 보낸 착신자의 다이얼번호에 의하여 교환기가 경로를 설정해 주기만 하면 되었다. 그러나 이동통신망에서는 가입자들의 위

치가 늘 변하기 때문에 항상 이동 가입자들의 위치를 추적하여 그 정보를 저장하고 있다가, 호 성립 요구 시 이동 가입자의 현 위치로 호 경로를 설정해 주어야 한다.

본 논문에서는 향후 주요 통신수단이 될 것으로 예상되는 디지털 이동통신 시스템에 대하여 간략히 소개하고, 이동성을 보장해 주는 로우밍 기능 구현을 위한 Client-Server 모델을 제시하고 이에 대한 실험 및 고찰에 대하여 기술한다.

II. 디지털 이동통신 시스템의 개요

이동통신 시스템은 이동국, 기지국, 교환국, HLR

*韓國電子通信研究所
ETRI

**高麗大學校 電子工學科
Dept. of Electronic Eng., Korea University
論文番號 : 92-136 (接受1992. 4. 22)

(Home Location Register), VLR(Visitor Location Register)등이 있고, 이들간에는 SS No.7 공통선 신호망을 통하여 서로 연결되어 있는데, 이를 총칭하여 공중 육상이동 통신망(Public Land Mobile Network : PLMN)이라 부른다 (그림1)^[1,6,7].

• SS No.7 공통선 신호망

SS No.7 공통선 신호망이란 호처리(call processing)를 위한 통신망내의 각entity들 사이의 제어 신호를 통화망을 사용하지 않고, 별도의 분리된 신호망을 이용하여 교환하는 방식이다. 공중 육상 이동통신망에서의 호처리는 각entity들 사이에 매우 많은 제어신호의 교환을 필요로 하므로 SS No.7 망에 의한 신호교환 방식을 사용한다.

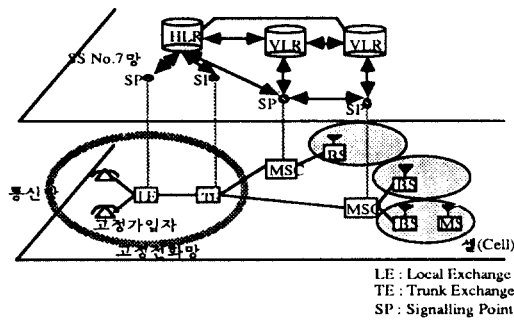


그림 1. 디지털 이동통신 시스템의 구조
Fig. 1. Structure of Digital Mobile Communication System

• 이동국(Mobile Station : MS)

무선인터페이스의 가입자쪽 종단에 위치한 단말기, 즉 전화기이다.

• 기지국(Base Station : BS)

이동통신 시스템에서는 무선 채널의 효율적인 이용을 위하여, 커다란 지역을 셀(cell)이라는 작은 지역들로 나눈 뒤 하나 혹은 그 이상의 셀에 기지국을 두어, 기지국으로 하여금 이동국과 무선통신을 담당하게 한다. 따라서 기지국은 자신이 관할하는 셀내에 있는 이동국에서 발신한 신호를 무선 채널로 수신하여, 이동통신 교환국으로 전송하며, 역으로 이동국에 보내기 위하여 교환국으로부터 오는 신호를 무선채널을 통하여 이동국에 송신하는 기능을 담당한다.

• 이동통신 교환국(Mobile Switching Center : MSC)

고정 전화망과 연동(interworking)되어 이동 가입자들에게 회선교환 서비스를 제공한다. 또한 이동통신 교환국은 무선자원(radio resource)을 관리하고, 이동국의 위치를 추적하여 항상 서비스가 가능하도록 하여주며, 통화중 이동국이 이동하더라도 통화를 지속 시켜주는 기능을 수행한다.

• Home Location Register(HLR)

이동국에게 호(call)를 연결시켜 주거나, 그 밖의 이동통신 서비스를 제공하는데 필요한 이동국의 모든 정보를 저장하고 있는 데이터베이스이다. HLR이 저장하고 있는 정보 가운데 가장 중요한 정보는 이동국의 현재 위치에 대한 정보로써, 임의의 가입자가 이동국과 통화를 하기 위하여 발신을 하게되면, 교환국은 HLR에게 이동국의 현재 위치에 대한 정보를 질의 하게된다.

• Visitor Location Register (VLR)

이동국이 관할지역에 들어 왔을때, 그 이동국에 대한 가입자 정보를 일시적으로 저장하는 데이터베이스이다. 대부분의 정보는 위치등록시 HLR로 부터 전송되므로, HLR에 대한 부분 중복 로컬 데이터베이스 (partially replicated local database)의 역할을 한다. 따라서 VLR은 공중 육상 이동통신망내의 각 entity들이 이동국에 대한 정보를 요구할때마다 HLR에게 질의 하는 것을 피할 수 있게 하여준다.

Ⅲ. 디지털 이동통신 시스템에서의 로우밍

1.로우밍의 일반기능

로우밍(roaming)이란 이동국이 각 지역을 이리저리 옮겨다녀도 이동국 가입자가 전화를 하거나, 받을 수 있게 하여주는 것을 말한다. 이를 위하여 다음과 같은 기능이 필요하다^[1,6,7].

1)위치등록(Location Registration)

HLR 데이터베이스의 위치정보 수정없이 이동국이 자유롭게 옮겨다닐 수 있는 영역을 위치 영역(location area)이라고 한다. 공중 육상 이동통신망은 여러개의 위치 영역으로 나뉘어지며, 각 위치 영역에는 그에 대한 고유 식별번호(Location Area Identifier : LAI)가 부여된다. 기지국은 항상 이 식별번호를 방송하므로 이동국은 이를 수신하여 자신이

어느 위치 영역내에 있는지 알 수 있게 된다.

위치등록이란 이동국이 현재의 위치 영역을 벗어나, 새로운 위치 영역에 진입 하였을때 변경된 위치에 대한 정보를 데이터베이스에 저장하는 절차를 말한다. 그림2에서와 같이 이동국의 위치 영역이 변경되면, 이동국은 이러한 상황을 인식하여 교환기를 거쳐 VLR에게 위치등록을 요청하게 된다. VLR은 변경된 위치에 대한 위치 영역 식별번호를 갱신함과 동시에 그 위치 영역을 관장하고 있는 MSC까지의 경로배정 정보인 이동국 배회번호(Mobile Station Roaming Number : MSRN)를 생성하여 HLR에게 전달한다. HLR은 이동국 배회번호를 새롭게 갱신하고 VLR에게 서비스에 필요한 가입자 정보를 전송한다.

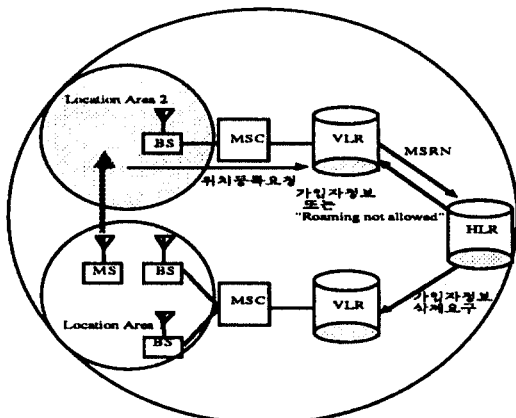


그림 2. 위치 등록
Fig. 2. Location Registration

2)호 처리(Call Handling)

고정망 가입자 혹은 이동 가입자가 임의의 이동국과의 호 성립을 요청하면, 착신 이동국의 다이얼 번호는 그 이동국이 등록되어 있는 HLR의 주소로 번역되고, 발신측 교환국인MSC-A는 HLR에게 이동국의 위치정보를 질의하게 된다. HLR이 이에대한 응답으로 이동국 배회번호를 반환하면, MSC-A는 이것을 이용하여 MSC-B(착신측 이동국이 위치한 위치영역을 관장하고 있는 교환국)에게로 경로를 설정할 수 있게된다. 호 처리 요청을 받은 MSC-B는 이동국이 자신이 관할하는 여러 위치 영역들중 어느 위치영역 내에 있는가를 알기위하여 관련 VLR에게 위치영역 식별번호에 대한 질의를 한다. VLR은 위치등록시 갱신된 위치 영역 식별번호를 반환하여 MSC-B로 하여금 해당 기지국을 거쳐 이동국을 호출할 수 있도록 한다(그림3).

2.이동통신응용부에서의 로우밍 표현

1) 이동통신응용부의 구성

이동통신 응용부(Mobile Application Part)는 공중 육상 이동통신망내의 각 entity들 사이의 상호동작(interaction)을 지원하기 위한 일련의 절차와 관련 프로토콜 규격을 말한다. 이동통신 응용부와 OSI 모델과의 관계는 그림4와 같다[1].

이동통신 응용부는 신호연결 제어부(Signalling Connection Control Part)의 순서 제어가 필요없는 비연결형 망서비스인 등급 0을 사용하며, 분산환경하에서 실시간으로 정보를 전송하기 위하여 문답처리

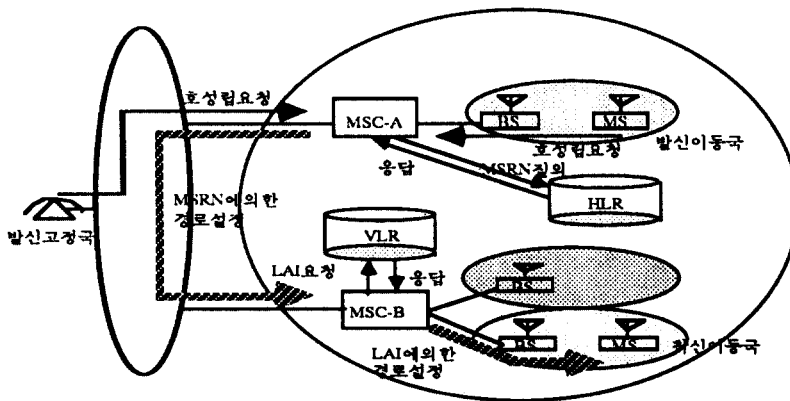


그림 3. 호 처리
Fig. 3. Call Handling

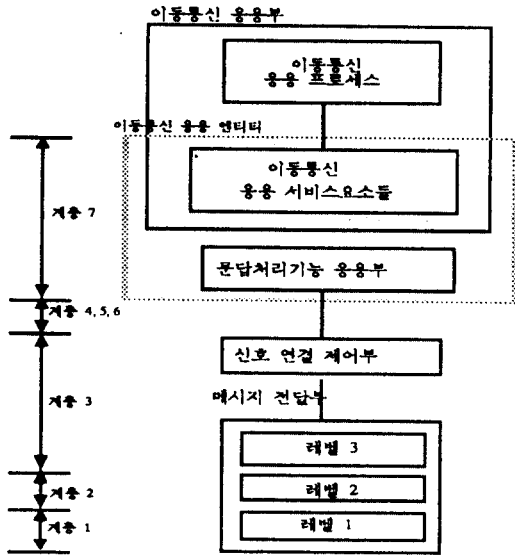


그림 4. 이동통신응용부의 계층 구조
 Fig. 4. Hierarchical Structure of Mobile Application Part

기능 응용부 (Transaction Capability Application Part)를 사용한다. 문답처리 기능 응용부는 CCITT

권고안 X.219와 X.229의 Remote Operation Service Element (ROSE)에 근거를 두고, 통신위주의 사용자 요구사항을 지원하기 위한 기능을 향상시켰다. 문답처리 기능 응용부에서는 원격 동작 서비스를 위하여 교환되는 데이터 유닛을 "컴포넌트"라고 부르며, 이 컴포넌트들은 ROSE의 프로토콜 데이터 유닛과 완전한 호환성이 있다. 문답처리 기능 응용부는 컴포넌트 처리를 책임지고 있는 컴포넌트 부계층과, 다이얼로그를 생성하여 관련있는 여러개의 컴포넌트들을 교환시키는 일을 책임지는 트랙잭션 부계층으로 구성 되어 있다.

문답처리 기능 응용부 사용자사이의 상호동작은 한 엔티티가 다른 엔티티에게 어떤 작업을 수행하여 그 결과를 요구하는 동작들로 모델화 될 수 있다. 이동통신 응용부 절차가 시작되면 하나의 다이얼로그가 생성되고, invoke 된 동작과 관련된 모든 컴포넌트들이 한 트랙잭션상에서 교환된다. 그러므로 두개의 대등한 응용 엔티티 (peer entity) 사이에서 교환되는 각 데이터 유닛은 컴포넌트 부분과 트랙잭션 부분으로 구성된다. 컴포넌트 부분은 하나 이상의 컴포넌트를 운반하며, 트랙잭션 부분은 관련 트랙잭션을 구분하는데 필요한 정보를 운반한다. 이들사이의 관계를 그림5에 나타내었다^[2].

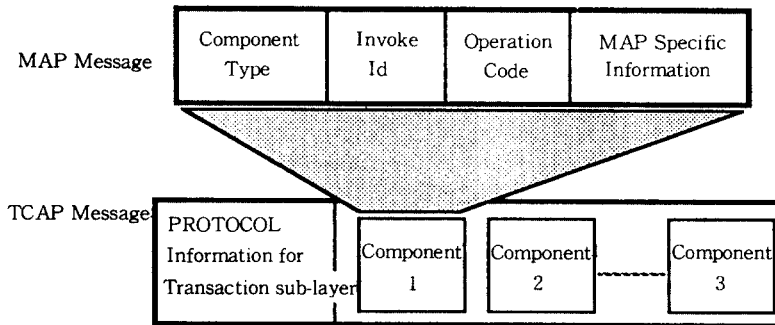


그림 5. MAP 메시지의 기능 구조
 Fig. 5. Functional Structure of MAP Message

위의 그림에서 하나의 원격 동작은 하나의 컴포넌트로 표시되며, 하나의 동작은 타입, 동작 코드, invoke-id, 동작과 관련된 정보(parameter)로 구성 된다.

2) 이동 통신 응용부의 로우밍 관련 응용 서비스 요소 응용 서비스 요소(Application Service Element)란 망내에서 응용 서비스를 실행하는 단위 통신 기능체를 말하며 로우밍을 위한 응용 서비스요소

로서는 다음과 같은 것들이 있다^{16,7)}.

• 위치 등록 응용 서비스 요소

이동국이 이전의 위치영역을 벗어나 새로운 위치 영역에 진입하였을때 새로운 위치 영역의 VLR로 위치 갱신 절차가 일어나야하며 이에따라 이동국이 속해있는 HLR도 갱신되어야 한다(그림6).

일반적으로 Client-Server 모델은 3가지로 분류되는데, 첫번째는 데이터베이스서버 타입, 두번째는 X-window 와 같은 그래픽 디스플레이서버 타입, 세번째는 분산화일 시스템 서버 타입들로 구별된다.

이중에서 데이터베이스 서버구조의 경우 사용자의 데이터에 대한 요구를 PC나 네트워크를 통하여 데이터베이스서버에게 전송하게 되면 데이터베이스서버

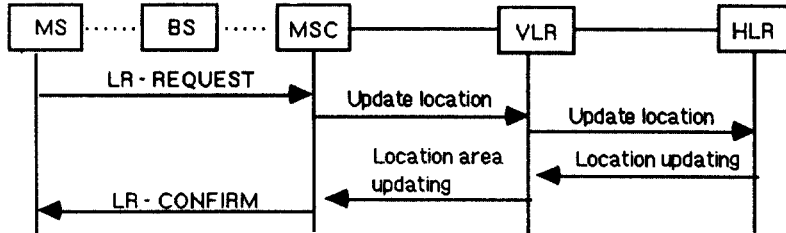


그림 6. 위치등록 : VLR, HLR이 모두 관여된 갱신

Fig. 6. Location Updating involving both VLR and HLR

• 호 설정 응용 서비스요소

이동국 발신호및 착신호를 설정 하기위해 필요한 가입자 정보를 HLR로 부터 조회한다(그림7).

는 적당한 작업을 수행한 후 해당 데이터를 찾아 데이터를 요구한 Client에게 보내게 된다. 이때 사용자의 요구가 많이 발생하면 병목현상이 발생하게 되는데, 병목현상의 주요원인은 네트워크가 아니라 메시지를 받아 이를 해석하여 데이터베이스를 액세스(access)하고 갱신하는 일을 수행하는 데이터베이스서버 자체로 판명되었다³⁾.

본 논문에서는 이러한 병목현상을 해결하기 위하여, Client의 요구를 받아 이를 효율적으로 처리하고, 데이터베이스로 부터의 응답을 해당Client에게 적절히 배분시키는 일을 담당하는 트래잭션 관리자를 갖는 Client-Server 모델을 사용하였다⁴⁾.

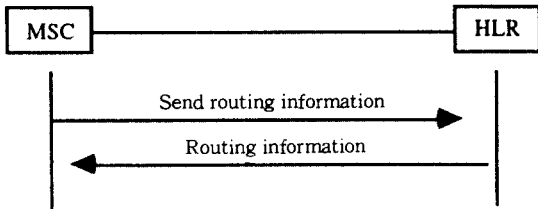


그림 7. 라우팅 정보의 추출

Fig. 7. Obtaining Routing Information

IV. 로우밍 기능 구현을 위한 Client-Server 모델

1. Client-Server 모델의 특징

Client-Server 환경하에서는 모든 일들이 작업을 요청하는 Client와 요청된 작업을 수행하는 Server 사이에 나누어진다. 이와같이 Client와 Server로 분리하는 이유는 네트워크를 통하여 서로 연결되어 있는 데이터베이스 서버, 화일서버, 그래픽 디스플레이와 같은 자원을 효율적으로 사용하여 전체시스템의 성능을 올리는데 있다⁵⁾.

2. 로우밍 기능 구현을 위한 Client-Server 모델

로우밍기능을 제공하기 위하여는 이동국에 대한 위치정보를 효율적으로 보관하고, 호 설정시 이 정보를 실시간으로 제공하는 것이 중요하다. 로우밍 기능은 MSC 또는 VLR과 HLR사이의 원격 동작 서비스로 간단히 모델화하여 생각 할 수 있다. 즉 VLR은 HLR에게 위치등록을 요구하고, HLR이 이를 수행하며, MSC는 HLR에게 호 설정 관련 정보의 송신을 요구하고, HLR이 이를 수행하는 등의 원격 동작으로 모델화 할수 있다. 이러한 모든 동작요구나 수행 결과의 보고는 모두 컴포넌트들로서 구성되어 문답

처리 기능 응용부메세지 형태로 상대방으로 전달된다. 이와 같은 관점에서 로우밍의 기능을 제공하는데 가장 큰 영향을 미치는 것은 HLR의 성능이라 할수 있다. HLR에는 여러 종류의 응용 프로세스가 존재하며, 이들이 하나의 문답처리기능응용부를 이용하기 때문에 이들사이의 인터페이스, 즉 트랙잭션 관리자가 시스템 전체의 효율에 미치는 영향이 매우 크다고 할수 있다. 이러한 관점에서 로우밍기능 구현을 위한 소프트웨어구조는 그림8과 같이 Client-Server 모델로 구성할 수 있다.

그림8에서 HLR server의 트랙잭션 관리자는 수신부인 REU(Receiving Unit)와 송신부인 SEU(Sending Unit)로 구성 되어 있다. REU는 메시지를

받아 그 안에 있는 컴포넌트들을 해석하여, 해당 응용서비스 요소를 invoke시켜주는 daemon프로세스이며, SEU는 해당 응용서비스 요소가 작업을 수행한 후 그 결과를 작업을 요청한 entity에서 보내주는 역할을 하는 daemon 프로세스이다. REU와 SEU는 각각 하나의 daemon으로 동작하여 외부의 요구가 발생할 때마다 이를 처리하는 child 프로세스를 생성한다. 생성된 child프로세스에서는 관련된 일들을 처리하며, daemon은 발생하는 요구에 따라 계속하여 child 프로세스를 생성함으로써 이 부분에서 발생할 수 있는 병목현상을 최소화한다. 이러한 구조는 위치등록과 같은 한 응용서비스 요소에 대한 작업 요청이 동시에 여러곳에서 들어올때 매우 효과적이다.

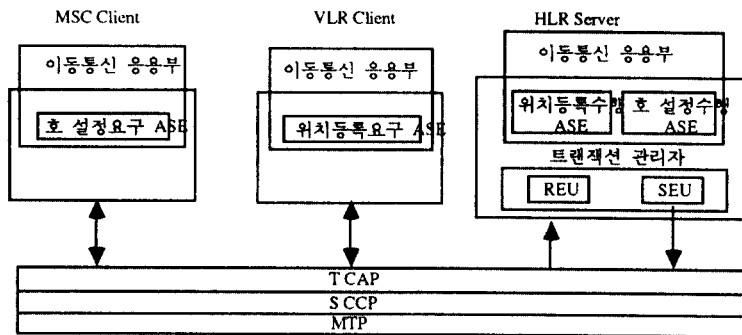


그림 8. 로우밍을 위한 Client-Server 모델
Fig. 8. A Client-Server model for Roaming

V. 실험 및 고찰

1. 실험 모델 및 실험 환경

본 논문에서 제안한 Client-Server 모델의 성능을 실험하기 위하여 그림10과 같은 Client-Server 실험 모델을 만들어 그림 9의 순차적인 실험 모델과 비교하였다.

각 실험 모델 프로그램은 작업 처리를 요구하는 Client와 이들 요구를 저장하는 버퍼 큐(buffer queue), REU /SEU 형태로 처리하는 Server, 그리고 응용서비스 요소(ASE)에 해당하는 모듈(module)로 구성되어있다. Client-Server가 제공하는 큐(queue)에 작업 처리 요구를 넣으면 Server는 daemon으로 작동하면서 큐로부터 요구를 꺼내어(fetch) 처리한다. 순차적으로 처리하는 모델에서는 큐에서 작업 요

구를 꺼내어 순서대로 응용서비스가 직접 처리하고, REU /SEU 형태의 모델에서는 REU /SEU Server가 큐에서 작업 요구를 꺼내어 요구당 하나의 응용서비스 요소에 해당하는 child process를 생성(fork)하여 수행하는 방식이다. 수행되는 응용서비스 요소의 내용은 메시지(message)를 받아서 그 메시지를 그대로 출력하는 작업으로 단순화 하였다.

실험 방법으로는 Client로 부터의 작업 처리 요구가 각각 50개, 100개, 300개를 가정하여 실험하였으며, 각 작업이 CPU를 차지하기 위하여 기다리는 시간과 데이터 베이스를 액세스 하는데 필요한 대기 시간을 0초인 경우, 1초인 경우, 2초인 경우로 가정하여 실험하였다. 실험 환경은 SUN SPARC station IPC를 사용하였으며, 주기억 장치는 16MB가 내장되어 있다. 커널(kernel)은 최대 84개의 프로세스를 운용

하도록 구성되어 있어 이를 532개까지 운용할 수 있

도록 재 구성하여 실험하였다.

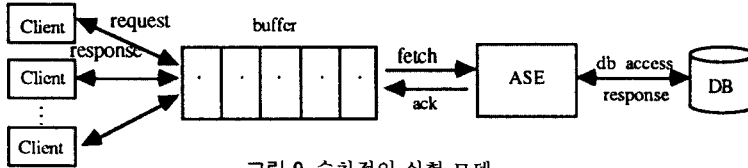


그림 9. 순차적인 실험 모델
Fig. 9. Sequential Simulation Model

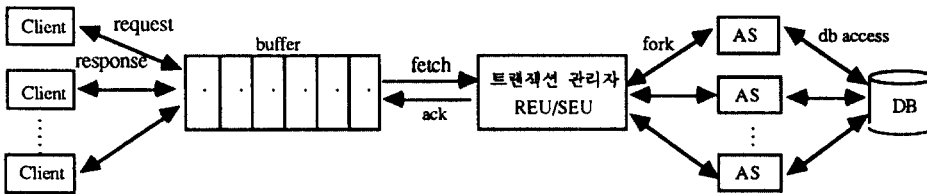


그림 10. Client-Server 실험 모델
Fig. 10. REU /SEU-based Client-Server Simulation Model

2. 실험 결과 및 분석

위와 같은 방법으로 실험한 결과를 그림 11-13에 나타내었다. 그림 11은 작업처리 요구가 50개 일때 각 작업의 대기시간을 0초, 1초, 2초일 경우로 나누어 순차처리때 걸리는 시간과 REU/SEU처리때 걸리는 시간을 비교하였다. 또한 그림12는 작업이 100개 일때, 그림13은 작업이 300개 일때의 처리시간을 나타내고 있으며 그림14는 이들 결과를 모두 모은 그래프이다.

방법	대기시간(초)	0	1	2
순차처리		4 초	50.7 초	101 초
REU/SEU 처리		12 초	13 초	14 초

그림 11. 작업이 50개일때의 처리시간 실험결과
Fig. 11. Simulation test result when number of jobs is 50.

방법	대기시간(초)	0	1	2
순차처리		7.8 초	101 초	205 초
REU/SEU 처리		16 초	17 초	18 초

그림 12. 작업이 100개일때의 처리시간 실험결과
Fig. 12. Simulation test result when number of jobs is 100

방법	대기시간(초)	0	1	2
순차처리		24 초	305 초	612 초
REU/SEU 처리		20 초	21 초	22 초

그림 13. 작업이 300개일때의 처리시간 실험결과
Fig. 13. Simulation test result when number of jobs is 300.

이들 결과를 분석하여보면 대기시간이 거의 없는 작업일 경우 순차적 처리가 우수 하였으나, 대기시간이 길어질수록, 작업 요구가 많아질수록 REU/SEU 처리가 훨씬 우수한 것으로 나타났다. 대기시간이 거의 없을때 REU/SEU처리 방식이 비 효율적인 이유는 UNIX system 에서 프로세스를 생성(fork)하는데 많은 시간을 요하기 때문이다. 이와 같은 오버헤드는 lightweight process를 이용하면 훨씬 시간을 절약할 수 있다.

현재 유럽의 디지털 이동 통신의 표준 방식인 GSM(Group Special Mobile)에서는 한 시간당 한 가입자의 위치등록을 1.8회, 호 처리는 0.4회로 규정하고 있다. 이 경우 HLR이 약 300,000 가입자를 지원한다고 가정하면 위치등록은 1초당 150회, 호처리 요구는 1초당 33회를 수행하여야 한다. 이와같이

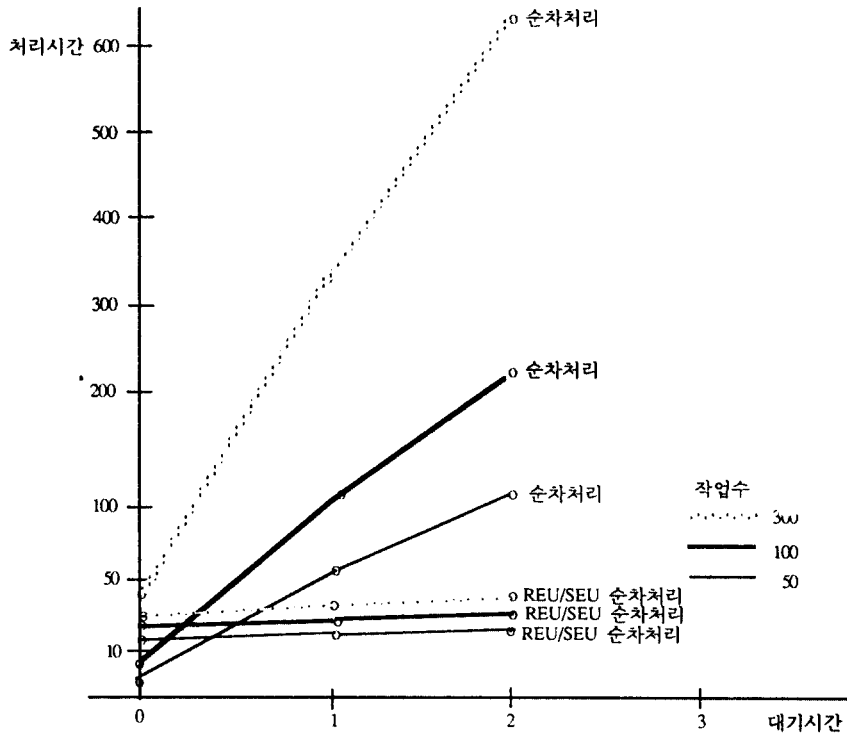


그림 14. 순차처리와 REU /SEU 처리비교

Fig. 14. Comparison of sequential processing and REU / SEU-based processing

CPU 사용시간 보다 데이터 베이스 액세스(access) 등의 대기 시간이 긴 HLR작업인 경우에는 순차적처리 보다 REU /SEU의 처리가 프로세스를 생성하는 시간을 상쇄하고도 훨씬 좋은 성능을 나타낼 수 있다.

이와같은 점은 논리적으로도 간단히 분석하여 볼 수 있다. 즉 HLR이 위치 등록을 수행할 때 필요한 시간을 살펴보면

- ①문답처리 기능 응용부 메시지를 받아 그 안에 있는 컴포넌트를 해석하여 위치 등록 응용서비스 요소를 invoke 하는데 걸리는 시간
- ②위치 등록 응용 서비스 요소를 수행하는 시간
- ③데이터베이스를 액세스(access)하는 시간
- ④데이터베이스 액세스후 위치 등록 응용 서비스 요소에서의 처리 시간
- ⑤수행 결과를 송신하기 위한 문답처리기능 응용부 메시지를 준비하는 시간

위 5가지의 시간 요소중①과 ⑤는 REU /SEU 서버에서 소요되는 시간 요소이고, ②,③,④는 응용 서비스요소에서 소요되는 시간으로, 먼저 것은 정량적 가변성이 적으며, 나중 것은 가변성이 크다. 또한 시간적으로도 앞의 것이 차지하는 비율이 뒤의 것보다 훨씬 작다. 따라서 메시지 수신 후 순차적으로 응용서비스 요소를 처리하여 응답하는 것보다, 수신, 처리, 응답을 분리하는 REU /SEU처리가 더 효과적이다.

VI. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 디지털 이동통신 시스템에서 로우밍 기능을 구현하는데 있어서 HLR의 성능이 중요한 요소이며, HLR의 성능 향상을 위하여는 매 요구가 발생할때마다 순차적으로 한 요구씩 처리하는 것보다 본 논문에서 제시한 Client-Server모델을 사용하는 것이 더욱 효과적이며, 이러한 모델이

UNIX 상에서 구현 가능한 것을 실험을 통하여 증명하였다.

참 고 문 헌

1. 이승규, 김승훈, 임선배, "디지털 이동통신 시스템에서의 데이터베이스에 관한 연구," 한국통신학회 하계 종합 학술 발표회 논문집, 1990.8
2. Bruno Chartras, Christian Vernhes, "Mobile Application Part Design Principles," Proceedings of XIII International Switching Symposium, 1990.5

3. Frank Hayes, "Unjamming Client-Server Bottlenecks." UNIX World, VOL VIII, No.9,1991.9
4. 현동환, 임선배, 박진우, "디지털 이동통신에서의 Roaming 기능 구현을 위한 Client-Server 모델에 관한 연구." 한국통신학회 추계 종합 학술 발표회 논문집, 1991. 11
5. W.Richard Stevens, "UNIX Network Programming," Prentice Hall, 1990
6. CCITT Blue book Recommendation Q.1051, 1988
7. GSM Recommendation 3.05,1990



林 善 培(Sun Bae Lim) 正會員
 1953년 1월 5일생
 1978년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1989년 8월 : 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)
 1990년 9월 ~ 현재 : 고려대학교 전자공학과 박사과정 재학중

1984년 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 이동통신 프로토콜 연구실장

朴 鎮 雨(Jin Woo Park) 正會員
 1955년 7월 5日生
 1979년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업
 1980년 : 한국통신기술연구소 연구원
 1983년 8월 : 미국 클렘슨 대학교(공학석사)
 1987년 11월 : 미국 버지니아 주립대학교(공학박사)
 1988년 : 명지대학교 전자공학과 전임강사
 1989년 ~ 현재 : 고려대학교 전자공학과 조교수