

# 이동통신을 위한 HLR DB 시스템의 개선 방안

김장환<sup>0</sup> 이현주 장혜경 이광희 이충세/ 문양세\* 조문중\* 서홍석\* 황규영\*  
충북대학교 대학원 전자계산학과/한국과학기술원 첨단정보기술연구센터\*  
jhkim@mail.ddc.ac.kr

## Methods for Improving HLR Database System in Mobile Networks

Jang-Hwan Kim<sup>0</sup> H.J.Lee H.K.Jang K.H.Lee ChungSei Rhee/  
Y.S.Moon\* M.J.Joe\* H.S.Seo\* Kyu-Young Whang\*  
Dept. of Computer Science, Chungbuk National Univ./AITrc, KAIST\*

### 요약

HLR 데이터베이스 시스템은 이동 통신 망에서 지속적으로 변하는 가입자의 위치 정보를 관리한다. 본 논문에서는 이동 전화 번호를 위한 2단계 색인 기법과 단말번호를 위한 bucket 연결 hashing 기법을 제안하였다. 또한 HLR 시스템의 특성을 고려한 효율적인 백업 방법을 제안하였다. 아울러 IMT2000 서비스로의 진화에 필수적인 보안 기능 수행을 고려한 HLR 데이터베이스 Scheme을 제안하였다.

## I. 서론

이동 통신 망에서는 가입자의 위치가 지속적으로 변화하므로 이에 대한 위치 정보(Location Information)의 관리가 필요하다. HLR(Home Location Register) 시스템은 이러한 가입자의 위치 정보 관리를 주요 기능으로 하여 현재 이동통신서비스 분야에서 호처리 및 부가서비스 지원 등의 중요한 역할을 하고 있다.

HLR 시스템에서 사용하는 주기억장치 데이터베이스 시스템은 이동 통신 망의 특성상 일반적인 주기억장치 데이터베이스 시스템과는 다른 다음과 같은 차이가 있다. 첫 번째는 신속한 접근을 위하여 색인을 구성할 필요가 있는 키(key)가 가입자 정보 접근을 위한 이동 전화 번호(MDN: Mobile Directory Number)와 단말번호(ESN: Electronic Serial Number)로 제한된다는 점이다. 두 번째는 시스템의 오류로 인하여 HLR 시스템에서 관리하는 가입자의 위치 정보가 손실되더라도 기존의 회복기법과 같은 데이터베이스 시스템의 도움 없이 복구 가능하다는 점이다. 따라서 이러한 특성이 HLR 데이터베이스 시스템에 반영될 필요가 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제II장에서는 기존의 색인 방법과 제안하는 색인 방법에 대하여 소개한다. 제III장에서는 성능 향상을 고려한 효과적인 백업에 대하여 설명한다. 제IV장에서는 보안 기능 수행을 위한 DB Scheme에 대하여 기술한다. 제V장에서는 결론과 함께 앞으로의 HLR 데이터베이스 시스템의 연구 방향을 제시한다.

## II. 색인 방법에 대한 연구

본 장에서는 HLR 데이터베이스 시스템에서 사용을 제안하는 색인 방법에 대하여 설명한다. 현재 HLR 데이터베이스 시스템에서는 가입자 테이블, 국번 테이블, 도난 가입자 테이블이 있으며 이들 테이블은 일차원 배열(array) 형태로 UNIX에서 지원하는 공유 메모리(shared memory)에서 관리된다. 이러한 테이블들이 관리되는 공유 메모리를 메모리 SLD(System Load DATA)라 하고, 메모리 SLD는 백업 방법에 의하여 디스크 SLD에 저장된다.

별도의 색인 방법의 사용은 튜플의 수가 수십만에서 백만개 이상을 수용해야 하는 가입자 테이블의 전화 번호와 단말 번호에 국한되며, 현재 HLR 데이터베이스 시스템에서 사용하는 색인 방법은 엔진 프로세스내의 자료 구조로서 구현되어 있다.

## 2.1 데이터베이스 시스템에서의 색인 방법

색인 구조로 고려되는 많은 방법은 크게 두 가지 종류로 구분된다. 첫 번째는 키의 순서가 유지되는 AVL 트리, B-트리, T 트리 등을 들 수 있으며, 두 번째는 선형 해싱(linear hashing), 확장 해싱(extendable hashing) 등 해쉬 색인으로 랜덤 접근의 특성을 갖는다[Leh86].

## 2.2 기존 HLR 데이터베이스 시스템에서의 색인 방법

현재 운용(operation)되고 있는 HLR 시스템의 데이터베이스 시스템에서 전화 번호와 단말 번호를 위하여 제공되는 색인 방법은 T 트리와 변형된 선형 해싱(modified linear hashing) 방법이다. 본 절에서는 이 두 색인의 특징과 구현된 방법 그리고 문제점에 대하여 살펴보고 HLR 시스템 관점에서 두 방법을 살펴본다.

### 2.2.1 T 트리 색인 방법

현재 기존의 T 트리는 모든 T 노드가 엔진 프로세스내의 변수로서 구성되어 있다. 따라서 엔진 프로세스가 처음에 구동될 때는 주기억 장치의 메모리 SLD 내용을 기반으로 반복적인 삽입 작업을 수행하여 초기 트리를 구성한다. T 노드의 할당(allocation)은 필요할 때마다 정해진 수 만큼씩 이루어지며, 각 노드는 16개 혹은 32개의 아이টে임을 최대로 가진다.

B-트리의 저장 효율과 동일하게 생각했을 때 T 트리에서 각 T 노드의 저장 효율은 50%에서 100%가 된다. 따라서 랜덤한 분포에서 69%를 각 T 노드의 저장 효율이라 하고 전체키의 수를 N, 노드내 아이টে일의 수를 M, 각 노드의 크기를 S라 했을 때, 사용되는 메모리의 양은  $N \times S / (M \times 0.69)$ 와 같이 나타난다. 이 수식과 현재 데이터베이스 시스템에서 사용되는 노드의 크기인 176바이트 및 노드 당 16개의 아이টে일 수를 사용하여 HLR 시스템의 요구 사항인 100만 가입자 수용을 위해 필요한 T 트리의 메모리 양을 계산하면 약 16Mbyte가 나온다. 이 메모리 양은 다음 절에서 소개하는 전화번호를 위한 색인 방법에서의 메모리 양과 비교했을 때 상당히 많은 양이다.

T 트리에서의 검색 속도는 트리 순회를 하는데 필요한 비교 연산과 노드내에서의 이진 탐색에 필요한 비교 연산으로 나타낼 수 있는데 이는 이진 탐색 방법과 같이 평균적으로  $\log_2 N$  이상의 연산이 필요하다. 따라서 위와 같이 100만 가입자 수용을 예상하면 평균적으로  $\log_2 10^6$ , 즉 약 20회 이상의 비교 연산이 필요하다. 이러한 비교연산

횟수는 다음절에서 소개하는 전화 번호를 위한 색인 방법에서의 비교 연산 횟수에 비하여 많음을 알 수 있다.

**2.2.2. 변형된 선형 해명 방법**

이 기법에서는 디렉토리가 선형적으로 증가하기 때문에 확장 해명 기법에 비하여 키의 수에 따른 적당한 메모리 사용을 유지할 수는 있으나 디렉토리의 증가 및 감소에 관련된 작업이 더 많이 일어난다. 특히 엔진 프로세스가 새롭게 구동될 때마다 매번 초기 해쉬 구조를 구성해야 하므로 삽입에 따른 디렉토리의 증가가 큰 오버헤드로 작용한다.

해쉬 함수가 일정한 분포로 해쉬 값을 생성한다고 가정하고 디렉토리가 증가하는 시점에서 하나의 디렉토리 요소에 속하는 아이템의 수를  $N$ 이라 하고 삽입되는 키의 개수를  $M$ 이라 하면, 개략적으로  $M/N$ 번의 디렉토리 증가가 일어난다. 여기에 구현에서 사용한  $N=4$ 와 최종 단계의 예상 수용 가입자 수인 100만의 경우를 계산하면 약 25만 번 이상의 증가가 일어나고, 이는 엔진 프로세스가 초기 구조를 구성할 때 심각한 수준의 오버헤드로 작용한다.

**2.3 HLR DB 시스템을 위해 제안하는 색인 방법**

HLR DB시스템은 매우 특수한 목적을 갖는 시스템으로서 색인을 지원할 필요가 있는 키가 전화 번호와 단말 번호로 제한되어 있다. 본 절에서는 우선 이들 두 속성의 쓰임과 구성 그리고 특성에 대하여 살펴보고, 이를 바탕으로 전화 번호를 위해서는 메모리 사용량과 검색 속도를 고려하여, 단말 번호를 위해서는 삽입 및 삭제시의 오버헤드를 고려하여 사용을 제안하는 색인 방법에 대하여 설명한다.

**2.3.1 HLR 데이터베이스 시스템에서 키의 종류 및 특성**

HLR 시스템에서 저장하는 가입자의 전화 번호는 일정한 규칙에 의하여 관리되는데 이는 HLR 시스템이 특정 지역을 중심으로 가입자를 수용하므로써 나타나는 규칙이다. 망을 관리하는 서비스 사업자는 특정한 범위의 국번을 각 지역별로 할당하게 되고, 이에 따라 해당지역의 HLR 시스템은 특정한 범위의 국번만을 수용하게 된다. 그리고 치국 계획에 따라 특정 국번의 가입자 번호가 어느 정도 사용되기 이전까지는 다른 국번을 사용하지 않는다. 따라서 특정 HLR 시스템에서 관리하는 국번의 수는 해당 시스템의 가입자 수용 능력에 따라 일정한 비율로 정해진다. 이러한 치국 계획의 특성에 의하여 100만 가입자를 수용하는 HLR 시스템의 경우 국번 수용율을 1.0으로 했을 경우 100개의 국번이 필요하며, 0.75로 했을 경우 134개, 0.5로 했을 경우는 200개의 국번만을 수용하는 구조이면 되고, 일반적으로는 0.7 혹은 0.8 이상의 수용율이 되었을 때 다른 국번을 사용하기 시작한다. 그러므로 이러한 전화 번호의 특성을 고려하여 적합한 색인을 선택할 필요가 있다.

단말 번호의 경우는 여덟 비트의 생산자코드(manufacturer's code)와 열 여덟 비트의 일련 번호, 그리고 사용이 보류(reserved)된 여섯 비트로 구성되어 있다. 이를 고려하면 여덟 비트 이상의 생산자 코드와 열 여덟 비트 이상의 일련 번호로 구성될 것이고 그 합은 결국 네 바이트 양의 정수(unsigned integer)안에서 표현된다.

단말 번호가 결국 지정된 범위의 양의 정수로 표현됨으로서 이를 UNIX 시스템에서 제공하는 랜덤 함수(random function)의 시드(seed)로 사용하므로써 비교적 일정한 분포의 해쉬 값을 얻을 수 있다. 따라서 이러한 특징을 바탕으로 삭제 및 삽입시의 오버헤드가 작은 해명 기법을 선택할 필요가 있다.

**2.3.2 전화 번호를 위한 색인 방법**

전화 번호는 국번과 가입자 번호로 구성되고 HLR 시스템의 특성에 따라 수용하는 가입자 수가 결정되므로 해당 HLR 시스템이 관리해야 하는 국번의 수가 제한된다. 그리고 전화 번호를 사용한 검색이 실시간에 이루어져야 할 뿐 아니라 그 값에 관계없이 매우 안정적인 검색 속도를 유지해야 한다. 이러한 특징을 고려하였을 경우 이 단계 색인 방법을 응용하여 적용할 수 있는 색인 방법을 생각할 수 있다. 이 색인 방법에서 첫 번째 색인은 HLR 시스템에서 수용할 수 있는 모든 국번을 갖고, 두 번째는 각 국번별로 수용하게 되는 가입자 번호를 색인으

로 갖는다. 국번 엔트리와 가입자 번호 엔트리는 모두 고정된 길이의 속성을 가지므로 제한된 연산에 의하여 <키, 튜플식별자>를 알아낼 수 있다. 그리고 가입자 번호 엔트리의 수는 수용 가능한 총 가입자 수 및 치국에 사용하는 국번 수용율을 사용하여 초기에 결정할 수 있다.

이러한 매우 간단하며 일정한 연산 법칙 및 두 번의 메모리 접근으로 검색이 이루어지기 때문에 그 속도가 매우 빠를 뿐 아니라 주어진 전화 번호의 값이나 현재 수용 가입자 수에 관계없이 일정한 속도의 검색이 가능하다. 이러한 검색 속도는 제 2.2절에서 소개한 트리 방법에 의한 20회 이상의 연산 및 이에 따른 메모리 접근에 비하여 훨씬 빠르다.

위와 같은 색인 방법에 의하여 필요한 메모리의 양은 다음과 같이 계산될 수 있다. 먼저 국번 엔트리를 위하여 필요한 양은 수십 Kbyte 이내로 가입자 번호 엔트리에 비하여 그 양이 매우 작으므로 무시할 수 있다. 그리고 가입자 번호 엔트리의 양은 각 가입자 번호 요소 크기와 국번당 가입자 수의 곱으로, 가입자 번호 엔트리의 수는 총 수용 가능 가입자 수를 국번당 가입자 수와 국번의 예상 수용율의 곱으로 나눈 것에 해당한다. 여기에 현재 용량인 100만 가입자, 0.7~0.8의 예상 수용율을 적용하면 125~143개의 엔트리의 수가 계산된다. 그리고 색인 번호가 곧 전화 번호인 키로 사용되므로 가입자 번호 요소의 크기는 튜플식별자인 네 바이트로 나타나며 국번당 만개의 가입자 번호 수를 적용하면 약 5~6Mbyte의 메모리 양이 필요하다. 따라서 이 단계 색인을 위하여 필요한 메모리의 양은 앞 절에서 살펴본 T 트리에 비하여 적은 양으로 구현이 가능함을 알 수 있다.

**2.3.3 단말 번호를 위한 색인 방법**

키와 HLR 시스템의 특성을 고려하여 디렉토리의 증가와 같은 오버헤드가 적은 해명 기법을 사용해야 한다. 색인에서 키로 사용되는 단말 번호는 지정된 범위의 양의 정수로 나타나고, 이를 UNIX 시스템의 랜덤 함수의 시드로 사용함으로써 비교적 일정한 분포의 해쉬 값을 얻을 수 있다. 그리고 색인에서 수용해야 하는 단말 번호의 수는 궁극적으로 HLR 시스템에서 수용해야 하는 가입자 수와 동일한 수로 고정되어 있으므로 초기에 색인에 필요한 자료 구조를 할당할 수 있다. 이러한 조건에서 삽입 및 삭제에 따른 오버헤드를 최소화 하는 색인 방법은 단순한 구조의 버킷 연결 해명 기법이다.

버킷에 수용되는 단말 번호의 수를 하나라 하고, 단말 번호를  $x$ , 수용해야 하는 가입자 수를  $N$ 이라 했을 경우 버킷에 대한 색인 번호는

$$\text{bucket\_no} = \text{random}(\text{srandom}(\chi)) \bmod N$$

과 같이 나타난다. 랜덤 함수의 특성에 의하여 이 번호는 비교적 일정한 분포로 나타날 것이므로 충돌이 일어날 확률도 매우 적을 것이다. 그러나 해명에서는 반드시 충돌을 고려해야 하므로 이를 해결하기 위하여 동일한 버킷 번호를 가지는 단말 번호를 체인으로 연결하는 방법을 생각할 수 있다. 이 방법은 최종적인 키의 수가 정해져 있고 비교적 일정한 분포의 해쉬 값을 얻을 수 있으므로 적용이 가능한 방법이다.

**III. 백업 방법에 대한 연구**

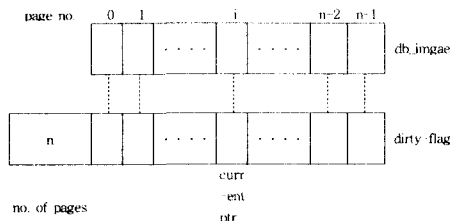
본 장에서는 현재 HLR 데이터베이스 시스템에서 사용하고 있는 백업 방법의 문제점을 바탕으로 새로운 효과적인 백업 방법을 제안한다.

**3.1 주기억장치 데이터베이스 시스템에서의 백업**

HLR 데이터베이스 시스템에서의 백업이 필요한 작업에는 기존의 주기억장치 데이터베이스 시스템과는 다른 특징이 있다.

**3.2 HLR 데이터베이스 시스템에서의 백업**

다음의 그림 1은 백업 프로세스가 백업하는 메모리 SLD와 이를 위한 갠신 플래그, 그리고 다음에 백업을 수행할 포인터의 구조와 간략한 알고리즘을 나타낸다. 그림에서 db-image는 가입자 데이터를 비롯한 테이블이 저장되어 있는 메모리 SLD를 나타내는데, 지정된 크기의 페이지 단위로 입출력이 일어나며 따라서 각각의 페이지가 dirty-flag의 하나의 요소에 해당한다.



```
do forever
  find the nearest dirty page from the current pointer;
  if there is no dirty page then sleep one second;
  else write the page into the disk and move the pointer;
od;
```

그림 1. 기존의 백업 방법

이러한 백업 방법을 사용하므로써 가입자의 추가 및 삭제, 부가서비스의 등록 및 해지 등의 작업이 수행된 후, 변경된 메모리 페이지의 내용이 디스크에 반영될 수 있다. 그러나 실제 상황에서 페이지가 갱신되는 주된 원인은 위치등록(registration notification)에 의한 변경이고, 다음 절에서 설명하듯이 HLR 시스템의 특성상 이러한 변경은 매년 신속하게 백업할 필요가 없는 정보이다. 이러한 백업 방법은 적은 수의 가입자를 수용하고 있는 경우에는 별다른 문제를 발생시키지 않으나, 가입자 수가 증가하고 이에 따라 많은 위치등록이 발생할 경우 HLR 시스템의 성능에 매우 심각한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 가입자의 추가 및 삭제와 같은 기능과 위치등록에 의한 위치정보의 변경과 같은 기능은 백업 방법을 다르게 할 필요가 있다.

**3.3 HLR DB 시스템에서의 트랜잭션의 종류 및 특성**

HLR 데이터베이스 시스템에 요구되는 트랜잭션의 종류는 크게 두 가지 종류로 나눌 수 있다. 먼저 위치등록과 같은 응용서비스 요소로서 주로 위치정보의 갱신 및 검색 등 매우 빠른 응답 시간(response time)을 요구하는 경우이고, 다음은 가입자의 추가, 삭제, 변경 등의 기능을 수행하는 운용 기능에 해당한다.

위치등록에 의한 가입자 튜플의 위치정보의 변경은 데이터베이스 사용의 대부분을 차지하는 응용서비스 요소기능 중에서도 80%이상을 차지할 정도로 빈번하게 발생하는 중요한 기능이다. 그러나 이러한 위치정보의 변경은 HLR 시스템의 특성상 신속한 백업이 필요하지 않은 정보이다. 그 이유는 시스템의 오류로 인하여 위치정보가 손실되더라도 다음 번의 위치등록에 의하여 비교적 빠른 시간 안에 정보의 복구가 자동적으로 이루어질 수 있기 때문이다. 위치등록에 의해 변경된 정보가 반드시 백업되지 않아도 되는 반면에 사용자 혹은 고객 관리 센터로부터의 요구에 의하여 이루어지는 신규 가입자의 등록 및 기존 가입자 해지, 부가서비스의 등록 및 삭제 등의 가입자 관련 운용 기능은 관련된 정보가 손실되어서는 안 되는 기능이다.

**3.4 HLR DB 시스템을 위한 효과적인 백업 방법**

본 절에서는 지금까지 살펴본 두 가지 종류의 트랜잭션에 대하여 방법을 달리하는 백업 방법을 제안한다. 신속한 백업을 필요로 하지 않으며 빠른 응답 시간을 요구하는 위치등록과 같은 기능에 대한 주기적인 백업 방법과 신규 가입자 등록의 경우와 같이 정보가 손실되지 않도록 신속한 백업이 이루어져야 하는 방법이 그것이다. 위치정보에 대해 매년 백업을 수행할 경우에 HLR 시스템의 전체 성능에 매우 심각한 영향을 미치는 점을 지적하였다. 그리고 HLR 시스템이 특정 지역을 기반으로 하기 때문에 잦은 위치등록 횟수에 비하여 대다수 가입자의 위치정보가 쉽게 변하지 않는 특성을 가지고 있다. 따라서 위치정보의 변경과 같은 데이터베이스 갱신 정보는 하루 혹은 이틀 단위의 주

기적인 백업에 의하여 그 정보를 유지할 필요가 있다. 주기적인 백업은 다음과 같은 순서에 의하여 이루어질 수 있다. 먼저 운용 프로세스의 위치정보 변경 요구를 받아 엔진 프로세스는 데이터베이스 갱신 기능을 수행한 후 갱신된 페이지에 해당하는 갱신 플래그를 1로 변경한다. 이렇게 갱신 플래그가 1로 변경된 페이지에 대해서는 기존의 백업 방법과는 달리 운용자의 요구나 시스템의 사용이 가장 적은 취한시에 백업 프로세스에 의하여 디스크에 반영되는 방법을 취한다.

위치정보가 주기적인 백업이 가능한 반면에 가입자 관련 운용 기능은 작업 내용이 즉시 백업되어야 한다. 기존의 백업 프로세스의 방법을 사용하기 위해서는 엔진 프로세스가 가입자 관련 운용 기능에 의하여 변경된 페이지에 대해서는 위치정보의 변경과는 달리 갱신 플래그를 2로 변경하고, 백업 프로세스는 지속적으로 갱신 플래그를 검사하여 2로 변경된 페이지를 디스크 SLD로 백업하는 기능을 수행한다. 이 방법은 기존의 구조를 크게 변경하지 않고 구현이 가능한 장점을 가지고 있다.

**IV. 보안 기능 수행 방법에 대한 연구**

현재의 국내 이동통신 서비스는 국가간 roaming을 고려하지 않은 상태의 HLR DB Scheme을 기반으로 하고 있다. IMT2000 서비스로의 진화에 있어서 가장 큰 변화는 국가간 roaming과 multimedia 서비스이며, 이를 기반으로 하여 mobile commerce가 확산될 것으로 예상된다. 금전 거래에 있어서 가장 중요한 요구 사항은 보안 기능일 것이다. 이러한 기능 수행을 위해 현재의 HLR DB Scheme과 관련하여 변화되어야 할 최소한의 attribute는 다음과 같다. 현재의 이동 전화번호(MDN)는 international mobile subscriber identification 기능을 수행하기 위해 수정이 필요하다. session key 설정 및 인증 protocol 수행을 위해서, 인증algorithms 수행의 결과로 산출된 결과값, 산출된 session key, 사용된 random number 각각을 저장할 수 있는 attribute들이 추가되어야 한다.

**V. 결론**

본 논문에서는 현재 이동통신 망에서 운용중인 HLR 시스템의 주기억장치 데이터베이스 시스템에서 발견된 문제점을 바탕으로 성능을 고려한 효과적인 색인 방법과 백업 방법을 제안하고 IMT2000 서비스를 고려한 추가되어야 할 DB Scheme을 제안하였다.

사용을 제한하는 색인 방법은 HLR 데이터베이스 시스템에서 키로 사용되는 전화 번호와 단말 번호의 특성을 고려하여 각각 이 단계 색인을 응용한 방법과 버킷 연결 해명 기법이다. 전화 번호를 위한 이 단계 색인 방법은 검색 속도 및 저장 효율 측면에서 기존의 T 트리에 비하여 우수함을 살펴보았다. 다음으로 단말 번호의 경우 잦은 디렉토리의 증가와 같은 오버헤드를 갖는 기존의 변형된 선형 해명 방법에 비하여 버킷 연결 해명 기법이 보다 효과적임을 살펴보았다. 본 논문에서는 기존의 백업 방법이 위치등록에 의한 위치정보의 변경과 가입자 관련 운용 기능에 의한 정보 변경을 구분하지 않고 백업함으로써 발생하는 시스템 성능 저하의 문제를 해결하기 위하여 이들 두 가지 종류의 변경 기능을 구분하는 보다 효과적인 백업 방법을 제안하였다.

향후의 IMT2000 서비스로의 진화와 함께 이질적 network들과의 roaming이 본격화되기 전에 HLR과 VLR간에 교환되는 session key 및 인증 관련 변수들에 대한 효과적인 보안 기능 개발이 절실하다.

**참고 문헌**

[Leh86] Lehman, T.J. and Carey, M.J., "A Study of Index Structures for Main Memory Database Management Systems", Proc. 12th Intl. Conf. on Very Large Data, pp.294-303, Aug. 1986.  
 [Lee98] Lee, M.Y., CDMA Cellular Mobile Communications & Network Security, Prentice Hall, 1998.  
 [Tab00] S.Tabbane, Handbook of mobile radio networks, Artech House Publishers, 2000.