

도시 교통량 특성을 반영한 이동통신 시뮬레이터의 설계 및 구현

윤 영 현[†]

요 약

이동통신 텔레트래픽 모델은 Network Traffic 모델과 Traffic Source 모델이라는 두개의 하부모델로 구성된다. 본 논문에서는 기지국이 설치되어 있는 지역 특성을 고려한 traffic source 모델을 제시하고, 객체지향적 시뮬레이션 개발 도구인 C++SIM을 활용하여 이동통신 트래픽 시뮬레이터인 MobCall을 구현하였다. MobCall은 사용자 이동성을 각 지역별 차량 평균 속도와 수송분담율로 적용하고 있으며, 도시 지역에서의 주요 교통 수단인 지하철과 고속도로에서의 교통량이 고려되었다. 구현된 MobCall을 이용하여 서울 도심 주거지역과 상업지역에서의 누적 발생 호 수, 교통량에 따른 핸드오프율, 고속도로에서의 핸드오프율, 그리고 호 점유 시간 변화에 따른 핸드오프율을 결과로 제시하였다. MobCall은 기지국에서 사용자 호 페턴에 따른 동적 핸드오프 버퍼링과 같은 기능적 요소를 설계 단계에서 고려할 수 있으며, 신 도시 계획 시에 사용자 이동성과 지역 특성을 고려한 셀 디자인에 이용될 수 있다.

A Design and Implementation of the Mobile Communication Simulator with Urban Traffic Characteristics

Young-Hyun Yoon[†]

ABSTRACT

Traditionally, Mobile Teletraffic model consists of two sub-models, i.e. the *network traffic* model and the *traffic source model*. In this paper, we present the *traffic source model* by developing *MobCall* (Mobile Call Simulator) which analyses various mobile wireless environments based on regional characteristics that the base stations are located. User mobility is presented by regional average vehicle speeds and the transportation share rate. Moreover, the user mobility on subway, which is increasing in urban area, is considered in *MobCall*. And also, user's movements on highway are considered in *MobCall*. The object-oriented simulation platform, C++ SIM, is used to implement *MobCall*. Using *MobCall*, the accumulated number of calls in residential and commercial regions, the handoff rate with respect to traffic sources of Seoul, the handoff rate on highway, and the handoff rate according to the call duration are presented. *MobCall* enables the simulation of dynamic handoff buffering and functional entity control of one base station according to the changes in user's calling pattern at the design phase. Also, when a new town is under construction by a detailed plan, *MobCall* is used to design the mobile network with regional characteristics and user mobility considered.

1. 서 론

이동통신 환경은 사용자 이동성을 지원하기 위해 다

양한 기능 요소(Functional Entity)로 구성되어 있으며, 이러한 구성 요소들은 상호간의 밀접한 관계를 유지하고 있다. TIA/EIA IS-41에서는 [1]과 같이 이동통신 환경을 구성하기 위한 참조 모델을 제시하고 있으며, 여기에는 이동통신을 위한 기능 요소를 MSC, HLR, VLR,

[†] 경희대 SKC&C 기술연구소 과장
논문집수 · 1999년 10월 14일, 김사원호 · 2000년 3월 13일

BS, 사용자 단말기인 MS, 그리고 각종 지원 기능 요소들로 구분하고, 이들간의 상호 인터페이스를 제시하고 있다[1-2].

이동통신 환경에서 동시에 수 많은 사용자의 서비스 요구를 지원하기 위해서는 위에 언급된 기능 요소들의 동작 특성 및 성능을 사전에 충분히 고려하여 시스템을 구축하여야 하므로, 이를 지원하기 위해 다양한 목적의 각종 시뮬레이션 도구들이 사용되고 있다.

이동통신 시스템을 위한 시뮬레이터로 핀란드의 Helsinki University of Technology에서는 GSM 통신망을 시뮬레이션하여 망의 동작을 시각적으로 보여 주는 시뮬레이터인 MobSim(Mobile Phone Simulator)[3]을 개발하였다. MobSim은 위치 갱신(location updating), 이동가입자 시작/종료 호(mobile originating/terminating call), 망에 의한 종료(disconnect by network) 및 이동가입자에 의한 종료(disconnect by mobile station) 등의 기능이 구현되었고, 이를 위해 전송되는 프로토콜들의 동작을 한 눈에 볼 수 있도록 하기 위하여 시그널링 트래픽을 X-windows를 이용하여 시각적으로 보여 주고 있다. 그러나 MobSim은 시스템의 복잡성을 줄이기 위하여 최소한의 GSM 시스템인 하나의 MSC(Mobile Switch Center) 환경만을 고려하였고 핸드오프는 구현하지 않았으며 IMSI(International Mobile Subscriber Identity)에 대한 인증 및 암호화 등은 구현되지 않았다. MobSim은 GSM의 동작 방법을 이해하기 위한 교육 지원용 도구로서 주로 사용되고 있다. 또 다른 형태의 이동통신 시스템을 위한 시뮬레이터는 독일 Aachen University of Technology에서 개발한 SIMCO3++(Simulation of Mobile COmmunication)[4]이다. SIMCO3++는 GSM, UMTS, DECT와 같은 이동통신 서비스 환경을 위한 mobility, channel modeling, propagation, medium access scheme 등의 기능을 시뮬레이션하여 통신을 위한 각 계층별 프로토콜의 개발 및 성능 측정을 위한 도구로 사용되고 있다. SIMCO3++는 C++를 사용한 객체지향적 방법에 의하여 개발되었다.

사용자 통화 특성을 시뮬레이션한 기존 연구로서 SUMATRA(Stanford University Model Activity TRaces) [5-6]는 PCS 트래픽을 모델링한 것이다. SUMATRA에서는 텔레트래픽 모델을 call traffic 모델과 calice distribution 모델로 구성되어 있는 call 모델과 사용자 이동성을 반영하기 위하여 metropolitan 이동성 모델, national 이동성 모델, 그리고 international 이동성 모델로

구성되어 있는 이동성 모델을 제시하고 있다. SUMATRA에서 제공되는 이동성 모델 중에서 metropolitan 이동성 모델은 이동통신 사용자가 하루 24시간동안 이동하는 특성을 평균 이동 확률, 이동 거리와 이동 속도를 중심으로 분석하였다. [7]에서는 모든 이동통신 기지국 셀들을 같은 크기라고 가정하고, 각 셀의 중심에 있는 기지국에서 셀 안에 흩어져 있는 사용자들과의 전파 지연 특성을 고려하여 사용자의 통화 중 전파 특성, 핸드오프율 및 호 절단율을 시뮬레이션할 수 있다.

이동통신을 위한 시뮬레이션을 수행하기 위해 가장 기본이 되는 것은 이동통신 사용자들의 통화 및 통화 중 동작 특성을 반영한 사용자 통화 모델[8]을 정의하는 것이다. 각 시뮬레이션 모델에서 정의된 사용자 통화 모델에 따라서 시뮬레이션의 결과가 달라질 수 있으므로, 사용자 통화 모델은 이동통신 시뮬레이션을 위하여 가장 중요한 요소이다. 사용자 통화 모델을 구성하는 것은 사용자의 호 발생 주기와 발생된 호의 통화 점유 시간으로 구성되어 있다. 기존의 연구에서 사용자 호 발생은 일반적으로 포아송(Poisson) 분포를 이용하고 통화 점유 시간은 지수(Exponential) 분포를 사용하여 모델링하여 왔다. [9-10]에서는 포아송 분포를 이용한 통화 모델을 제시하고 있다. 포아송 분포를 이용한 통화 모델은 이동통신 구성 요소들의 호 처리 성능을 분석하기 위하여 주로 사용되고 있으나, 이동통신 시스템에서는 매우 복잡한 사용자 이동 특성을 가지고 있어 포아송 분포로는 표현하기가 매우 어렵다. 포아송 모델에서의 문제점을 해결하기 위하여 [11-12]에서는 큐잉 모델을 이용한 통화 모델을 제시하고 있으며, [5-6, 13-14]에서는 실제 이동통신 서비스 환경에서 발생하는 각종 실측 자료를 이용하여 통신 네트워크 상에서 정보의 전달과 진송에 대한 모든 현상을 나타내는 텔레트래픽 모델을 제시하고 이를 반영한 시뮬레이터가 개발되었다.

이동통신 텔레트래픽 모델은 2가지 하부 모델로 나누어 정의한다[5, 8]. 첫째는 traffic source 모델이며, 둘째는 network traffic 모델이다. 이동통신망에서 사용자와 가장 근접한 이동통신 구성 요소는 기지국(Base Station)[1-2]이며, 기지국이 사용자의 통화 요청을 최초로 받아들여 사용자와 이동통신망을 연결하고 사용자가 통화 중에 이동하여 발생되는 핸드오프를 위한 많은 과정을 처리한다. 결국, 기지국을 중심으로 사용자 이동성을 반영하는 traffic source 모델과 기지국에

서 처리되는 사용자 통화 자료를 반영한 network traffic 모델이 이동통신 서비스를 위한 델레트래픽 모델로서 가장 적합할 수 있다.

본 논문에서는 도시 환경에서의 사용자 이동성을 최대한 반영한 traffic source 모델과 셀 내에서의 기지국과 사용자간의 전파 전달 특성을 고려한 이동통신 시뮬레이터인 MobCall을 C++SIM[15]을 이용하여 구현하고, 정의된 가상의 도심 환경에서의 이동통신 시뮬레이션 결과를 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MobCall에 적용된 traffic source 모델에 대해 설명한다. 3장에서는 MobCall을 객체지향적 방법으로 설계하고, 구현될 MobCall 클래스들에 대해 설명한다. 4장에서는 구현된 MobCall을 이용하여 가상의 도심 환경의 이동통신 통화 특성에 대해 시뮬레이션하고 이에 대한 결과를 분석한다. 5장에서는 MobCall에 대한 요약과 MobCall의 장, 단점을 포함한 결론과 향후 연구 방향에 대해서 설명한다.

2. Traffic Source 모델

이동통신 환경에서의 traffic source 모델은 이동성 모델이라고도 하며 이동 단말에 의한 사용자 이동성 정보를 포함하고 있다[13]. Traffic source 모델은 셀 내에서 이동통신 사용자가 어떻게 분포하고 있으며 어떻게 이동할 수 있는지를 정의하는 모델이다. 이러한 모델 중에서 가장 간단하고 기본적인 모델은 [16]에 의해서 제시된 모델로써 이동통신 사용자는 셀 내에 균등(uniform)하게 분포하고 이동 중 방향이 바뀌지 않으면서 Uniform 분포에 의해 경해진 속도로 움직인다고 가정한다. 이러한 가정하에 셀 내에서 이동통신 사용자의 평균 채널 보유 시간(mean channel holding time), 평균 호 발생을 등과 같은 성능평가 값을 구했다.

[17]에서는 One-dimensional 이동성 모델을 제시하고 있다. 이 모델에서는 한 축상에서 정해진 양쪽 방향으로의 이동성만을 가정하고 고속도로에서의 이동전화 이동성을 모델링 했다. [18]에서는 limited directed two-dimensional 이동성 모델을 제시한다. 이 모델은 호가 셀 내에서 균등하게 분포하고 셀의 구조가 원형인 공간적으로 동일한 등방성의 구조를 가진다. 이 구조 안에서 사용자는 제한된 방향 내에서 자유로이 이동할 수 있는 모델이다. 또한 3차원의 빌딩과 같은 Indoor 환경을 위

한 이동성 모델은 [19]에서 제시되었다. 이 모델은 빌딩 내에서의 상하 움직임까지 고려한 3차원적인 이동성 모델이지만 indoor 환경에서만 가능한 제한적인 모델이다.

위에서 제시한 모델들은 실제적인 환경을 고려한 것이 아닌 시뮬레이션을 위해서 만들어진 모델이며, 사용자 이동성을 결정하는 요소는 사용자 이동속도와 이동방향이다. 따라서 사용자 이동성은 실제 주어진 환경에서의 사용자 이동속도와 이동방향을 분석한 모델이 요구된다. 도시 환경에서 한 기지국이 지원하는 셀 안의 사용자는 균등하게 분포되어 있으며 건물 안에서 자유로이 이동하거나 도로를 따라서 이동할 수 있다. 또한, 도시에서 셀 안의 도로는 거의 전(全)방향으로 연결되어 있다고 가정할 수 있다. 본 논문에서 구현한 MobCall은 도시 환경에서 기지국이 설치되어 있는 지역 환경을 중심으로 한 이동통신 시뮬레이터이므로, [18]에서 제시한 limited directed two-dimensional 이동성 모델에서 제한적인 사용자 이동방향을 전(全) 방향으로 하여 방향 제한을 없앤 모델을 사용한다.

2.1 사용자 이동속도

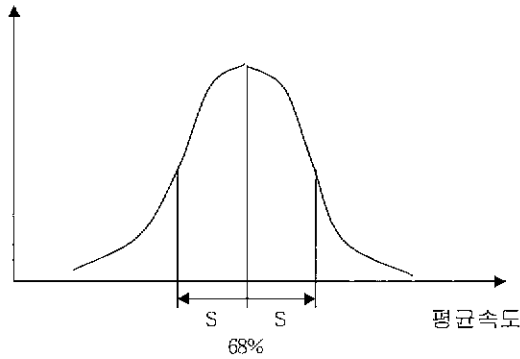
이동전화의 사용 패턴을 분석해 보면 실제적으로 사용자가 움직이면서 전화할 수 있는 한계가 있다. 즉, 사람의 속도에는 한계가 있으며 대부분의 핸드오프가 발생하는 것은 차량의 이동에 의한 것이 대부분이다. 이동성 모델에서 속도에 대한 패턴은 [20]에서 제시된 Non-uniform 속도 분포 모델이 있으며 이 모델은 속도 패턴을 2가지 형태로 분리한 모델이다. 따라서, MobCall에서는 이러한 특성을 이용해서 사용자 이동속도 모델을 2가지의 이동 클래스로 구별해서 다음과 같이 나타낸다.

- ① 핸드오프가 발생할 가능성이 큰 속도가 빠른 사용자 클래스
- ② 핸드오프가 거의 발생하지 않는 저속 또는 정지의 사용자 클래스

2.1.1 속도가 빠른 사용자 클래스

속도가 빠른 사용자는 대부분 차량에 의한 이동이므로 차량에 대한 모델을 그대로 적용할 수 있다. 이러한 차량에 대한 모델의 적용은 [21]에서 적용된 속도 분포를 사용한다. [21]에서 제시한 바와 같이 이동하는 차량의 속도분포는 정규분포와 같은 형태로 나타나고 차량의 68%가 평균을 중심으로 표준편차만큼 되도록 한다.

(그림 1)은 차량의 평균속도의 분포를 나타낸 것이다.



(그림 1) 이동차량 속도분포

(그림 1)에서 평균속도는 셀이 속한 지역의 시간대별 평균속도의 통계를 구해서 적용한다 또한, 서울과 같은 대도시에는 지하철이 중요한 교통 수단으로 활용되고 있으므로, MobCall에서는 지하철의 수송분담률(약 30%)과 평균속도에 의한 이동을 고려한다. 지하철을 고려할 때의 문제점은 지하철은 지하철을 위한 땅이 따로 구성되어 있어 마치 고속도로와 같은 사용자 이동성이 발생하므로, [17]에서 제시한 One-dimensional 이동성 모델과 고속 차량을 위한 모델을 혼합하여 사용해야 한다는 점이다. 따라서, MobCall에서는 교통량 조사에 의한 교통 분담율, 차량의 평균 속도와 편차, 셀 안의 지하철 존재 여부와 지하철 평균속도를 적용하여 고속으로 이동하는 사용자를 모델링하였다 식 (1)은 고속으로 이동하는 사용자의 초기 속도를 결정하여 주며, 일정 시간 후 계속되는 속도 변화는 식 (2)에 의해 결정된다.

$$S_0 = G(e, \sigma) \tag{1}$$

$$S_i = U[S_{i-1} * 0.9, S_{i-1} * 1.1] \text{ where } i = 1, 2, 3, \dots \tag{2}$$

식 (1)과 같이 MobCall에서 초기 이동속도는 가우시안(Gaussian) 확률밀도 함수에 의해서 만들어지며, 속도의 증감은 식 (2)와 같이 현재 속도의 10% 범위 내에서 Uniform 분포를 나타내는 모델을 사용한다.

2.1.2 저속 또는 정지한 유저들의 클래스

저속 또는 정지한 사용자는 [21]에서 해당 지역에 있는 인구 중 52.4% 정도는 정지된 상태에 있으며 나머지는 <표 1>에 제시한 바와 같은 수단을 이용하여

이동 중인 인가로 제시하고 있다. 또한, 도보에 의한 속도는 평균 1.2m/sec로 움직인다고 가정하고 있다 결국, 이동통신 사용자의 평균 호 점유 시간인 65초 동안 도보로 이동한 사용자는 78m를 이동하게 되므로 핸드오프에 큰 영향을 주지 않는다.

MobCall에서는 정지 상태인 사용자와 도보 및 자전거로 이동 중인 사용자에 대해서는 정지 상태에서 전화를 받는 것으로 간주하고 나머지 이동 중인 사용자는 핸드오프를 일으키는 고속 이동 사용자로 간주하여 이동속도를 적용한다. 이는 시뮬레이션 시 각 사용자 호의 위치를 추적하기 위해 요구되는 많은 양의 계산을 감소시켜 빠른 시뮬레이션 결과를 제공해 주는 장점이 있다.

<표 1>은 서울 지역의 수송분담률과 통행수단별 통행량을 나타낸 것이며, <표 2>는 서울 지역의 시간대 및 지역별 평균 속도이다[21].

<표 1> 서울 지역의 통행수단별 통행량, 수송분담률, 평균속도

목지구분	통행량(단위 : 통행/일)	수송분담률(%)
도보 및 자전거	4,378,330	14.7
승용차	4,656,268	15.6
택시	2,661,912	8.9
통근통학 기차버스	576,098	1.9
마을버스	1,099,312	3.7
시내외의 객석버스	5,280,512	17.7
오토바이 및 기타	1,220,105	4.0
지하철	9,959,383	33.5

<표 2> 서울 지역 시간대 및 지역별 차량 평균 속도

구분		평균통행속도	
		승용차	시내버스
시간대	오전	25.19	20.18
	낮	27.04	20.52
	오후	24.18	19.52
지역	도심	17.72	20.94
	외곽	25.90	19.13

22 사용자 이동방향

Traffic Source 모델에 영향을 주는 요소는 속도와 방향이다 그러나 대부분의 기존 연구에서는 Traffic Source 모델에서 방향에 대해서는 거의 고려하지 않고 있다. [16]에서 이동호스트는 셀 내에서는 방향을 변화시키지 않고 셀을 벗어나는 경계에서 한 번 방향을 변화시킨다 이동호스트의 방향에 대해서 자세히 연구가

된 [22]에서는 이동호스트의 움직임 패턴과 이동호스트의 방향을 움직임이 변함에 따라 성능에 어떠한 영향을 주는지에 대해서 조사되었다. [22]에서는 방향의 변화를 현재 움직이는 방향을 기준으로 변화의 폭을 정했다. 하지만 실제로 차량의 대부분은 도로를 통해서 다니므로 3방향(전, 좌, 우)에 대해서 큰 움직임을 가지고, 사람들의 움직임 즉 저속으로 움직임과 달리 고속으로 움직이는 차량의 이동은 직진이 우선적이다. MobCall에서는 이러한 요소를 고려하기 위해서 초기 방향은 식 (3)과 같이 균등하게 전(全) 방향으로 시작해서 방향을 변화시킬 때, 고속으로 이동하는 사용자는 기존에 진행하던 방향을 중심으로 식 (4)의 만큼의 일정 범위 내에서만 진행 방향을 변경하도록 제한하고, 저속으로 움직이는 이동호스트는 식 (5)와 같이 방향을 정할 때마다 모두 전(全) 방향으로 움직일 수 있도록 한다. 이러한 방법에 의해서 이동호스트의 이동방향을 실제적인 환경을 고려한 형태의 모델로서 적용할 수 있다.

$$D_0 = \phi = U[0, 359] \tag{3}$$

$$D_i = U[D_{i-1} - \delta, D_{i-1} + \delta] \text{ where } i = 1, 2, 3, \dots$$

for Mobile Host $m \geq 20 \text{ km}$ (4)

$$D_i = U[0, 359] \text{ where } i = 0, 1, 2, 3, \dots$$

for Mobile Host $m < 20 \text{ km}$ (5)

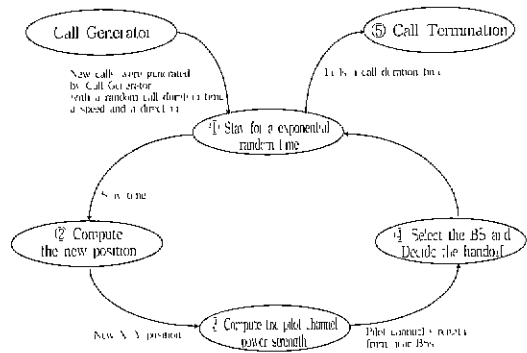
3. MobCall 설계

3.1 호 상태 천이도

[24]는 이동단말기에서 이동통화를 위한 호 상태 천이도이다. 여기에는 이동단말기 초기화 상태, 대기 상태, 통화 중 상태, 그리고 시스템 접속 상태를 포함하고 있다. MobCall에서는 사용자의 이동 중 통화 상태를 묘사하기 위하여 이동단말기 초기화 상태, 대기 상태, 그리고 시스템 접속 상태를 무시하고 MobCall의 부분 기능인 호 발생기(Call Generator)에서 생성된 호는 바로 통화 상태에서 이동 중 통화를 시뮬레이션하도록 하였다

(그림 2)는 MobCall의 호 발생기에서 생성된 호의 상태 천이도이다.

(그림 2)에서 시간대별 호 발생 주기에 따라 호 발생기에서 랜덤한 통화시간과 식 (1)과 식 (3)에 의해 계산된 초기 속도와 방향을 가진 새로운 호가 생성된다



(그림 2) MobCall 호 상태 천이도

생성된 호는 ①상태에서 사용자의 이동성을 표시하기 위하여 다시 짧은 랜덤시간 동안 대기한다. ②상태에서는 대기하고 있던 시간에 주어진 사용자 이동 속도와 방향을 고려하여, 시뮬레이션 평면상의 새로운 X, Y 좌표를 구한다. 새로운 X, Y 좌표가 결정되면, 이동사용자는 식 (2), 식 (4)와 식 (5)에 의해 새로운 속도와 방향이 주어진다. ③상태에서는 새로운 사용자 위치에서 근접한 각 기지국으로부터의 Pilot Channel 전력을 측정한다. ④상태에서는 측정된 강도에 따라 기존에 통화가 이루어지던 기지국보다 전력이 센 Pilot Channel 기지국을 선정하고 핸드오프 발생 여부를 판단한다. ④상태에서 호는 다시 ①상태로 돌아가 랜덤 시간을 다시 대기한다. ①상태에서 호가 발생될 때 주어진 통화 시간에 도달하면, ⑤상태로 천이하여 각종 통계 자료를 저장하고 호를 제거한다. ①상태에서 랜덤 지수 분포(Random Exponential Distribution)의 평균 시간이 짧으면 사용자 이동성은 거의 실제 환경과 가깝게 평가될 수 있다. 하지만 동시에 수십 개의 호 객체가 생성되어 처리되어야 하므로, 시스템 성능에 맞는 평균 대기 시간을 지정하여야 한다. 반대로 시스템 부하를 고려하여 너무 큰 평균 대기 시간을 지정하면 모든 호는 경지상태에서 통화중인 것으로 시뮬레이션된다

3.2 기지국 및 이동호스트 특성 설계

3.2.1 기지국 지역 특성

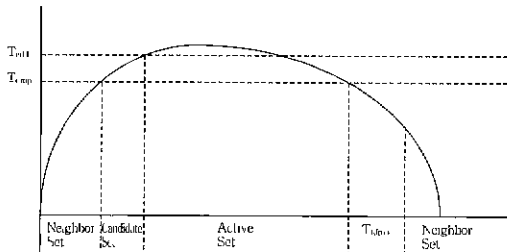
MobCall에서 기지국이 설치되어 있는 지역에 대한 특성은 <표 3>에 제시되어 있는 환경 변수를 통해 결정된다.

<표 3> 기지국 환경 변수

기지국 환경 변수명	설 명	기본값
지역 특성	주거, 상업, 공업, 녹지 지역	없음
S_b	지하철 존재 여부, On/Off	Off
위치	X, Y 좌표, Km 단위	없음
$P_p(W)$	Pilot Channel Power	20
$H_b(m)$	Antenna 높이	200
$G_b(dB)$	Antenna Gain	60
$V_{avg}(km/h)$	해당 기지국내에서 차량 평균 이동 속도	없음

3.2.2 호 접속

이동통신 시스템에서 사용자 통화 요구 시 이동단말기와 기지국간의 연결은 기지국에서 전송되는 Pilot Channel의 세기에 의하여 결정된다. (그림 3)은 TR-45에서 제시하고 있는 이동단말기에서의 전력 제어 임계치 변화를 나타내고 있다. (그림 3)과 같은 이동단말기와 기지국간의 전력 제어를 시뮬레이션 하기 위하여 MobCall에서는 도시 지역에서의 전파 전달 특성을 분석하기 위해 많이 사용되는 Hata 모델[25-26]을 이용하여 기지국과 이동단말기간의 Pilot Channel 세기를 결정하고, 이에 따라 이동단말기에서의 호 연결, 핸드오프, 그리고 호 절단 여부를 시뮬레이션 한다.



(그림 3) 전력제어 임계치

<표 4>는 전파 전달 손실을 계산하기 위하여 기지

<표 4> 전파 손실 계산을 위한 특성 값

기지국 환경 변수	설 명	기본값
LN(m, d)	Log-Normal 랜덤 변수 발생을 위한 평균, 표준편차	6.0
L_{pL}	Path Loss 율	4.0
RayleighF	Rayleigh Fading On/Off	On
$H_m(m)$	MS 안테나 높이	0
$G_m(dB)$	MS 안테나 이득	0
$T_{act}(dB)$	T_{act} 임계치	-14.0
$T_{drop}(dB)$	T_{drop} 임계치	-16.0
$T_{comp}(dB)$	T_{comp} 임계치	2.5
$T_{drop}(sec)$	T_{drop} 임계치	5.0
A_s	Active Set Size	3

국 특성에 추가되어야 할 특성 변수 값이다.

3.2.3 기지국별 호발생 특성 제어

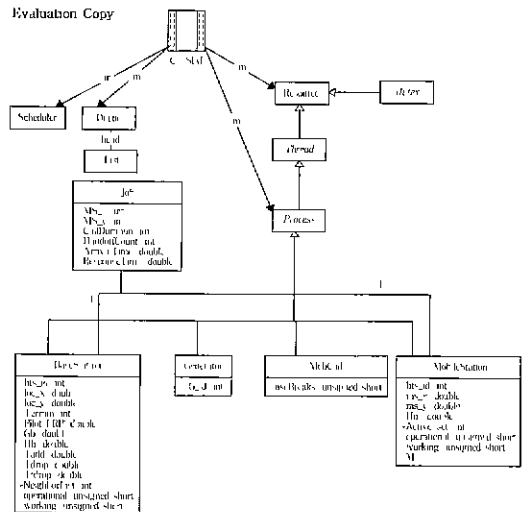
MobCall에서 각 셀에서의 사용자 통화를 시뮬레이션하기 위하여 랜덤 호를 발생시키는 호 발생기를 위한 입력 변수는 <표 5>와 같다.

<표 5> 호 발생기 특성 변수

이동통신 환경 변수명	설 명	기본값
호 발생율(Calls/hour)	해당 셀에서의 시간당 발생 호 수 λ	없음
호 점유시간(sec)	발생된 호의 채널 점유시간 · 지수분포에 의해 결정 특성값 $1/\mu$	65
이동성(Mobility)	발생된 호의 이동 속도를 지정하는 값으로, 2.1에 제시된 수송분담율 및 평균 속도를 고려하여 자동 지정됨	없음
이동방향(Direction)	발생된 호의 이동 방향을 지정하는 값으로, 2.2에 제시된 방향 결정 방식에 의하여 자동 지정됨	없음

3.3 MobCall Class Diagram

MobCall은 객체지향적 설계 방식에 의하여 구현되었으며, (그림 4)는 MobCall을 구성하는 클래스들간의 연관 관계를 [27]을 이용하여 나타낸 클래스 다이어그램이다. MobCall이 C++SIM을 이용하여 구현되었으므로, C++SIM이 제공하는 시뮬레이터를 위한 기본 클래스는 (그림 4)에 표시하지 않고 있다.



(그림 4) MobCall 클래스 다이어그램

4. MobCall 실험 결과 및 분석

4.1 시뮬레이션 환경

MobCall을 이용한 시뮬레이션을 위하여, 대상 기지국을 상입지역과 주거지역에 설치되어 있는 기지국으로 가정하고 그 결과를 측정한다.

4.1.1 기지국 환경

본 실험에서는 도심에 있는 36개의 기지국을 대상으로 하였으며 위치를 표시하기 위한 위경도 좌표를 시뮬레이션을 위한 X, Y 좌표로 변경하여 위치를 입력하였다. 실험 대상 기지국이 모두 같은 지역에 있는 기지국을 가정하여 모든 기지국은 동일한 특성을 가지고 있다. 시뮬레이션을 위한 기지국 특성 변수 값은 <표 6>에 나타난 값과 <표 3>과 <표 4>에서 정의된 변수와 기본값을 사용하였다.

<표 6> 기지국 입력 변수 값

변수명	설 명	설정값
지역 특성	상업과 주거 지역을 시뮬레이션	상업, 주거지역
S _b	셀내 지하철통과 여부	On/Off
크기	시뮬레이션을 위한 가상 공간 크기	5x5Km정방형 구조
V _{avg} (km/h)	셀 내의 차량 이동속도	17.72(도심승용차)/ 20.94(도심버스) 25.90(외곽승용차)/ 19.13(외곽버스)

4.1.2 호 발생기 특성 값

MobCall에서는 각 셀에서의 랜덤 호를 발생시키는 호 발생기를 위한 입력 변수 값을 <표 7>에 나타냈다. <표 7>에서 발생주기는 실제 이동통신 환경에서 상입지역과 주거지역의 최빈시간대(Busy Hour) 평균 발생 호 수이다.

<표 7> 호 발생기 입력 변수 값

호 발생기 변수명	설정값
호 발생주기(calls/hour)	3,042(상업) 1,850(주거)
호 점유시간(sec)	65

4.1.3 MobCall 변수 입력

(그림 5)는 MobCall을 위한 입력 파일인 "MobCall.dat"의 예제이다. 입력 파일은 크게 두 부분으로 구성되

어 있다. (그림 5)에서 모든 기지국 및 시뮬레이션을 위한 공통 자료는 윗 부분에 정의되어 있으며, 아래 부분은 시뮬레이션될 각 기지국에 해당되는 특성변수 값들이 기지국 개수 만큼 나열되어 있다.

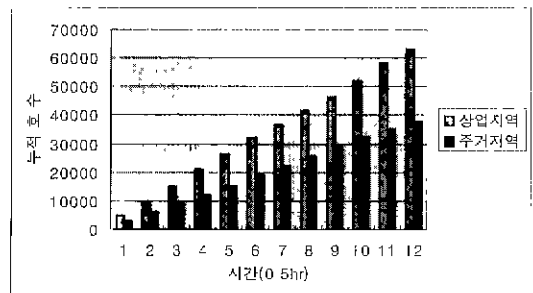
```
SimulationTimes= 6 hours
LpMethod= 1 1 Hara_model
AverageCellSize= 5 Km
TotalTrafficChannelsERP= 57 dBm
MobileERP= 20 dBm
NumberOfUsers= 200 users
TrafficChannelActivityFactor= 0.6 umt
PilotChannelERP= 51.5 dBm
PagingChannelERP= 37.94 dBm
SyncChannelERP= 41.5 dBm
BaseStationNoiseFigure= 5 dB
MobileNoiseFigure= 8 dB
ForwardTrafficChannelBitRate= 9600 bps
ReverseTrafficChannelBitRate= 9600 bps
PagingChannelBitRate= 9600 bps
SyncChannelBitRate= 9600 bps
Bandwidth= 900 Mhz
ChpRate= 1.2288 Mcbps
MobileAntennaGain= 0 dB
AverageMobileHeight= 1.5 m
FrequencyReuseFactor= 0.65 umt
NumberOfBaseStacon= 36 umt
0 5 5 2 51.4 14 30 -140 -180 50 1 6 7 -1 -1 -1 -1
0 35 0 359 397.8 100
1 5 10 2 51.4 14 30 -140 -180 50 0 2 6 7 8 -1 -1 -1
0 35 0 359 397.8 100
...
36 5 10 2 51.4 14 30 140 -180 5.0 0 2 6 7 8 -1 -1 -1
0 35 0 359 397.8 100
```

(그림 5) MobCall dat 파일 예제

4.2 실험 결과 및 분석

4.2.1 호 발생

시뮬레이션에서 발생하는 상입지역과 주거지역의 호 누적 개수는 (그림 6)과 같다. (그림 6)에서는 최빈시간동안 상입지역에서 발생하는 호 개수가 주거지역에 비하여 보다 많이 발생되어 처리됨을 보여주고 있다.

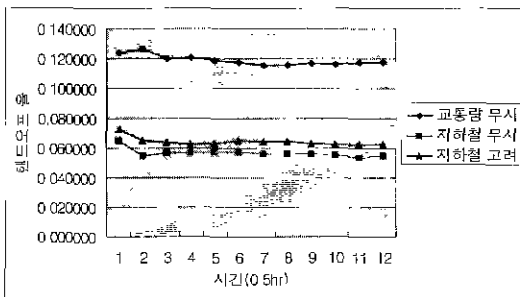


(그림 6) 지역별 누적 발생 호 수

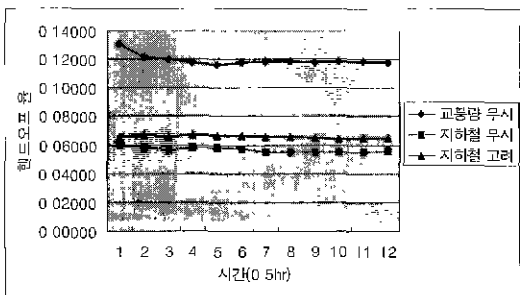
이는 상업지역에서 요구되는 이동통신 사용자의 통화 및 부가서비스 요구가 주거지역에 비하여 많으며, 이런 요소가 시스템 설치 및 운영 시에 반영되어야 함을 알 수 있다.

4.2.2 교통량에 따른 핸드오프 분석

(그림 7)과 (그림 8)은 주거지역과 상업지역에서 교통량을 무시했을 때와 2장에서 제시한 Traffic Source 모델에 따른 교통량과 이동속도를 반영했을 때의 핸드오프율을 분석한 것이다. 교통량을 무시한 시뮬레이션은 셀 내의 평균 이동 속도만을 반영한 결과이다. Traffic Source 모델을 적용한 결과는 2.1.2절에서 제시한 정지중인 사용자의 저속으로 움직이는 사용자에 대한 이동성과 도심 및 외곽에서의 승용차, 버스, 지하철의 이동속도와 수송분담율이 반영된 것이다. (그림 7)과 (그림 8)에서 Traffic Source 모델이 반영되지 않은 시뮬레이션에서의 핸드오프율은 Traffic Source 모델이 적용된 핸드오프율과 많은 차이를 보여주고 있다. 또한, 지하철의 지향성과 차량 이동속도에 비해 빠른 이동속도로 지하철이 고려되었을 때의 핸드오프율이 높아짐을 보이고 있다.

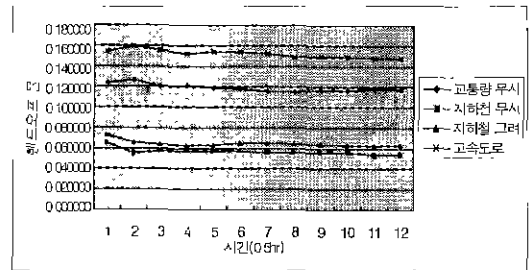


(그림 7) 주거지역에서 교통량에 따른 핸드오프율



(그림 8) 상업지역에서 교통량에 따른 핸드오프율

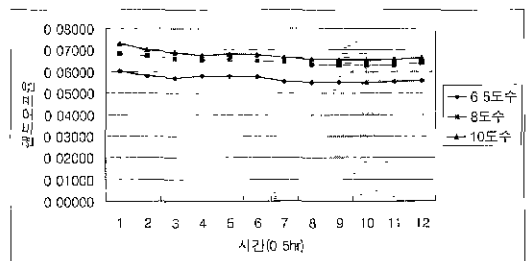
(그림 9)는 고속도로에서의 핸드오프율 (그림 7)의 주거지역에서의 핸드오프율과 비교한 것이다. 고속도로는 주거지역과 다르게 고속도로가 설치되어 있는 방향에 따라 양방향으로만 차량이 움직이는 2차원적인 사용자 이동성이 있으며, 정지 및 저속 상태의 사용자가 없다는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 가진 고속도로에서의 핸드오프율은 주거지역에서의 핸드오프율에 비하여 2배정도 많은 핸드오프율을 보여주고 있다. MobCall에서는 이러한 기지국의 특성 변화를 간단한 사용자 입력에 의하여 시뮬레이션할 수 있다.



(그림 9) 고속도로와 주거 지역에서의 핸드오프율 비교

4.2.3 호 점유 시간에 따른 핸드오프 분석

핸드오프율은 사용자 이동성 요소인 이동속도에 의해 많은 변화가 있음을 위에서 보여주고 있다. 핸드오프는 사용자가 통화 중에 이동하면서 서비스를 제공받는 기지국이 변화하는 것으로 사용자의 통화중 이동거리와 밀접한 관계가 있다. 여기서 사용자 이동거리는 평균 이동속도와 이동시간이 되므로 이동통신 호 처리에서 핸드오프율이 변화할 수 있는 또 다른 요소는 사용자 평균 호 점유 시간이다. (그림 10)은 상업지역에서 사용자 평균 호 점유 시간 변화에 따른 핸드오프율의 변화를 보여주고 있다. 실제 이동통신 환경에서 사용자 평균 호 점유 시간은 65도수(1도수=10초)이



(그림 10) 평균 호 점유시간에 따른 핸드오프율 비교

로, (그림 10)은 이를 비교한 것이다.

(그림 10)에서는 사용자 평균 호 점유 시간의 증가에 따라 보다 높은 핸드오프율이 나타나고 있다. 이는 이동통신 서비스가 기존 음성 위주의 서비스에서 무선 인터넷을 비롯한 다양한 무선 데이터통신 서비스 위주로 변화하면서 평균 호 점유시간이 증가하고 있으므로, 기존의 핸드오프를 위한 각종 서비스 파라미터에 대한 변경 및 보완 작업이 요구됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 도시에 설치되어 있는 기지국의 지역적 환경 특성을 반영한 Traffic Source 모델을 정의하고 이를 객체지향적 시뮬레이션 개발 도구인 C++SIM을 활용하여 구현하였다. 본 논문에서 제시한 Traffic Source 모델은 사용자 이동성을 각 지역별 차량 평균 속도와 수송분담율로 직용하고 있으며, 사용자 이동방향을 고속도로에서의 2차원적 방향을 고려하고 최근 도시 지역에 확산되고 있는 지하철에 의한 사용자 이동성을 반영할 수 있도록 구현되었다.

구현된 MobCall을 이용하여 도시 용도지역 중 주거 지역과 상업지역에서의 누적 발생 호 수, 교통량에 따른 핸드오프율, 고속도로에서의 핸드오프율, 그리고 호 점유 시간 변화에 따른 핸드오프율을 결과로 제시하였다. 또한, 실험을 통하여 단순히 평균 이동 속도와 방향만을 정의한 이동통신 시뮬레이터와 도시 지역 교통 특성을 반영한 이동통신 시뮬레이터와의 결과 차이를 제시하였다. 결과로 도심 교통 특성을 반영한 시뮬레이터의 결과가 실제 환경에서의 호 동작 특성과 유사하다는 것을 보여 주었다.

본 논문에서 제시된 MobCall은 기지국에서 사용자 호 패킷에 따른 동적 핸드오프 버퍼링과 같은 기능적 요소를 설계 단계에서 고려하거나, 성능 시험에 사용할 수 있으며 사용자 이동성과 지역 특성을 고려한 셀 디자인에 이용될 수 있다. 이로써 철저한 도시계획에 따라 만들어지는 신도시의 건설 시, 각 기지국 설치 지역 특성에 따른 부하와 사용자 이동성이 고려된 이동통신망을 설계할 수 있다.

본 논문에서 구현된 MobCall에서 추가적으로 고려해야 할 요소는 Traffic Source 모델에 교통분야에서 활용되는 지역별 주간활동인구 및 유동인구를 반영하는 것이다. 이를 통해, 보다 더 정확한 사용자 이동성

모델을 제시할 수 있으며 실제 환경과 유사한 통화량 예측이 가능해 질 수 있을 것이다

참 고 문 헌

- [1] Telecommunications Industry Association, "Functional Overview," TIA/EIA/IS-41.1-C, Feb. 1996.
- [2] Michael D. Gallagher, Randall A. Snyder, "Mobile Telecommunications Networking with IS-41," McGraw-Hill, 1997.
- [3] Hannu Arvelo, "MobSim : A GSM Network Simulator." <http://mordor.cs.hut.fi/tik-76.115/95-96/palautukset/Mobiiii/pt/manual.html>
- [4] Martin Stepler, C.H. Rokitsansky, "SIMCO3++ Simulation of Mobile Communication," http://www.comnets.rwth-aachen.de/report/subsection2_4_12_4.html
- [5] Derek Lam, Donald C. Cox and Jennifer Widom, "Teletraffic modeling for Personal Communications Services," IEEE Communication, Feb. 1997.
- [6] Derek Lam, Donald C. Cox and Jennifer Widom, "Teletraffic modeling for Personal Communications Services," <http://www-db.stanford.edu/sumatra>
- [7] 김성운, 황선호, 한영남, "CDMA 이동통신 시스템 무선망 시뮬레이터 및 성능 분석," Telecommunications Review, Vol.6-5, 1996.
- [8] P. E. Wirth, "The Role of Teletraffic modeling in the New Communications Paradigms," IEEE Communication Mag., Aug. 1997.
- [9] Nail Akar, Nihat Cem Oguz and Khsrow Sohraby, "TELPLACK : An Advanced Teletraffic Analysis Package," IEEE Communication Mag., Aug. 1998
- [10] Huro Akimaru and Konosuke Kawashima, "Teletraffic Theory and Applications," Springer-Verlag, 1993.
- [11] San-qi Li, Sanghyu Park and Dogu Arifler, "SMA Q : A Measurement-Based Tool for Traffic modeling and Qucung Analysis, Part I : Design Methodologies and Software Architecture," IEEE Communication Mag., Aug. 1998.
- [12] San-qi Li, Sanghyu Park and Dogu Arifler, "SMA Q : A Measurement-Based Tool for Traffic mod-

eling and Queuing Analysis, Part II Network Application," *IEEE Communication Mag.*, Aug. 1998.

[13] K. Tutschku, P. Tran-Gia, 'Spatial Traffic Estimation and Characterization for Mobile Communication Network Design," *IEEE J. Select. Areas Communication Mag.*, Jun. 1998.

[14] Volker Brass and Woldemar F. Fuhrmann, "Traffic Engineering Experience from Operation Cellular Networks," *IEEE Communication Mag.*, Aug. 1997.

[15] M.C. Little, D.L. McCue, "Construction and Use of a Simulation Package in C++," <http://cxxxsim.ncl.ac.uk/manual/cxxsim.html>

[16] D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Non-prioritized handoff procedures," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Aug. 1986.

[17] S. A. El-dolil, W. Wong, and R. Steele, "Teletraffic Performance of Highway Microcells with Overlay Macrocell," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Jan. 1989.

[18] G. J. Foschini, B. Gopmath, and Z. Miljanic, "Channel cost of mobility," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol.42, pp.414-424, Nov. 1993.

[19] T. S. Kim, M. Y. Chung, D. K. Sung, M. Sengoku, "Mobility modeling and Traffic Analysis in Three-Dimensional indoor Environments," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, Vol.47, May 1998.

[20] M. Inoue, H. Morikawa and M. Mizumachi, "Performance Analysis of Microcellular Mobile Communication systems," *map* IEEE Veh. Technol. Conf., Jun. 1994, pp.135-139.

[21] 도철웅, "교통공학원론(상)", pp.59-61

[22] M. M. Zoonoonzi, R. Dassanayake, "User Mobility modeling and Characterization of Mobility Patterns." *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Sep. 1997.

[23] M.D. Kulavaratharajah, A.H. Aghvami, "Teletraffic Performance Evaluation of Microcellular Personal Communication Networks (PCN's) with Prioritized handoff Procedures," *IEEE Trans. veh. technol.*, Vol.48, Jan. 1999.

[24] Telecommunications Industry Association, "TR-45 Mobile Station - Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System," pp.6-72, Ballot Version.

[25] Vijay K. Garg and Joseph E. Wilkes, "Wireless and Personal Communications Systems," Prentice Hall PTR, 1996.

[26] Vijay K. Garg, Kenneth Smolik, and Joseph E. Wilkes, "Applications of CDMA in Wireless/Personal Communications." Prentice Hall PTR, pp.140-143, 1997

[27] Paradigm Plus, <http://www.platinum.com>



윤영현

e-mail : yhyoon@skcc.com

1989년 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
 1994년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2000년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1989년~1992년 대우통신 기술부
 1992년~현재 SKC&C 기술연구소 과장
 관심분야 : 멀티미디어 라우팅, Active Network, 무선망, 지능망