

도시 사용자 이동특성을 고려한 traffic source model의 설계 및 구현

(A design and implementation of the traffic source model considering user's moving characteristics in urban areas)

유 기 홍*
(Gee-Hong Yoo)

요 약

이동통신 텔레트래픽 모델은 Network Traffic 모델과 Traffic Source 모델이라는 두 개의 하부모델로 구성된다. 본 논문에서는 기지국이 설치되어 있는 지역 특성을 고려한 traffic source 모델을 제시하고, 이동통신 트래픽 시뮬레이터인 MobCall을 구현하였다. MobCall은 사용자 이동성을 각 지역별 차량 평균 속도와 수송분담율을 적용하고 있다. 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 패턴에 따른 동적 핸드오프 버퍼링과 같은 기능적 요소를 설계 단계에서 고려할 수 있다.

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*. 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.

1. 서론

이동통신 환경에서 이동하는 수 많은 사용자의 이동통신 서비스 요구를 동시에 지원하기 위해서는 다양한 기능 요소가 관계를 유지하며 동작하고 있다.

이동통신 서비스를 구성하는 기능 요소는 TIA/EIA IS-41에서 제시한 바와 같이 이동통신 교환기인 MSC(Mobile Switching Center), 위치 등록

* 정회원 : 명지전문대학 정보통신과 부교수

장비인HLR(Home Location Register)과 VLR(Visitor Location Register), 기지국인BS(Base Station), 사용자 단말기인 MS(Mobile Station), 그리고 이들 간의 상호 인터페이스로 구성되어 있다[1][2]. 결국, 사용자에게 원활한 이동통신 서비스를 제공하기 위해서는 위에 언급된 기능 요소의 성능 및 동작 특성과 서비스를 제공할 지역의 사용자 이동통신 통화 특성을 사전에 충분히 고려하여 시스템을 구축하여야 하므로, 이를 지원하기 위한 다양한 목적의 각종 시뮬레이션 도구들이 요구되고 있다.

이동통신을 위한 시뮬레이션을 수행하기 위해 가장 기본이 되는 것은 이동통신 사용자들의 통화 및 통화 중 이동 특성을 반영한 사용자 통화 모델[8]을 정의하는 것이며, 각 시뮬레이션 모델에서 사용된 사용자 통화 모델에 따라서 시뮬레이션의 결과가 달라질 수 있다. 사용자 통화 모델은 사용자의 호 발생 주기와 발생된 호의 통화 점유 시간으로 구성되며, 기존의 연구에서 사용자 호 발생은 일반적으로 포아송(Poisson) 분포를 이용하고 통화 점유 시간은 지수(Exponential) 분포를 사용하여 모델링하여 왔다 [9][10]. 포아송 분포를 이용한 사용자 통화 모델은 회선교환 방식의 전화망을 설계하고 분석하는데 아주 유용하게 사용되었다. 그러나, 오늘날과 같이 LAN과 LAN을 연결하는 고속 패킷교환 네트워크 같이 복잡한 통계적 특성을 가지고 있는 네트워크에 적용하기에는 매우 부적합하다. 포아송 모델에서의 문제점을 해결하기 위하여 [11][12]에서는 큐잉 모델을 이용한 통화 모델을 제시하고 있다. 큐잉 모델은 이동통신 구성 요소들의 호 처리 성능을 분석하기 위하여 주로 사용되고 있으나, 복잡한 사용자 이동 특성을 표현하기가 매우 어렵다. [5][13][14]에서는 실제 이동통신 서비스 환경에서 발생하는 각종 실측 자료를 이용하여 통신 네트워크 상에서 정보의 전달과 전송에 대한 모든 현상을 나타내는 텔레트래픽 모델을 제시하고 이를 반영한 시뮬레이터가 개발되었다.

이동통신을 위한 텔레트래픽 모델은 일반적으로 두 가지 하부 모델로 나누어 정의한다. 하부 모델 중 첫째는 트래픽 소스 모델(traffic source model)으로써, 이동성 모델(mobility model)이라고도 하며 이동 단말에 의한 사용자 이동성 정보를 포함하고 있다. 둘째는 네트워크 트래픽 모델(network traffic model)

으로써 네트워크 트래픽 모델은 시간과 공간적인 변화에 따른 이동전화 트래픽 분포를 특성화하는 것이다.

이동통신 텔레트래픽 모델을 위한 기존 연구로는 [7]에서 모든 이동통신 기지국이 서비스하는 셀들을 같은 크기라고 가정하고, 각 셀의 중심에 있는 기지국에서 셀 안에 흩어져 있는 사용자들과의 전파 지연 특성을 고려하여 사용자의 통화 중 전파 특성, 핸드오프 율 및 호 절단 율을 시뮬레이션할 수 있다. 그러나 [7]에서는 이동통신을 위한 통화 모델은 제시되고 있지 않다. [8]에서는 이동망을 구성하는 고정 요소의 시간변화에 따라 트래픽 데이터의 변화를 함수화하여 네트워크 트래픽 모델을 제시했다. 이 모델에는 시간에 대한 개념이 있었지만, 시간적 변화에 따른 트래픽 변화만을 모델링하였으며, 공간적인 분석은 이루어 지지 않았으며, 이를 그대로 한국적 이동통신 상황에 적용하기 어렵다는 문제점이 있다.

본 논문은 이동통신 텔레트래픽 모델을 정의하기 위한 것이다. 이를 위해 서울시 주요 지역을 도시계획 용도지역에 따라 구분하고 여기에 설치되어 있는 주요 기지국을 선정하여 해당 기지국에서 발생하는 이동전화 트래픽을 시간대별로 수집하고 분석하여 네트워크 트래픽 모델을 정의하고, 서울시 교통 특성 분석을 통하여 트래픽 소스 모델을 정의하였다.

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 도시 환경에서의 이동통신 시뮬레이션 결과를 제시하고자 한다. 이동통신 망에서 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 기지국에서 처리되는 사용자 통화 자료를 반영한 network traffic 모델이 이동통신 서비스를 위한 텔레트래픽 모델로서 가장 적합할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MobCall에 적용된 traffic source 모델에 대해 설명한다. 3장에서는 MobCall을 객체지향적 방법으로 설계

하고, 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 정해진 속도로 움직인다고 가정한다. 이러한 가정 하에 셀 내에서 이동통신 사용자의 평균 채널 보유 시간(mean channel holding time), 평균 호 발생을 등과 같은 성능평가 값을 구했다.

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.

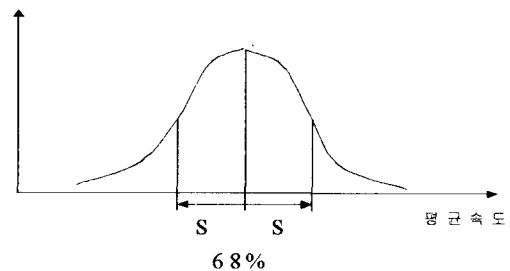
2.1 사용자 이동속도

이동통신의 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

가. 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

[Fig. 1] Speed Distribution of Moving Vehicle

[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 교통분담율, 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.

$$S_0 = G(e, \sigma) \tag{식 1}$$

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

(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.

나. 저속 또는 정지한 유저들의 클래스

저속 또는 정지한 사용자는 [21]에서 해당 지역에 있는 인구 중 52.4% 정도는 정지된 상태에 있으며 나머지는 다양한 수단을 이용하여 이동 중인 인구로 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 사용자에게 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.

2.2 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 실제적으로 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.

$$D_0 = \phi = U[0, 359] \tag{식 3}$$

$$D_i = U[D_{i-1} - \delta, D_{i-1} + \delta] \text{ where } i = 1, 2, 3, \dots \text{ for Mobile Host in } (20\text{km}) \tag{식 4}$$

$$D_i = U[0, 359] \text{ where } i = 0, 1, 2, 3, \dots \text{ for Mobile Host in } < 20\text{km} \tag{식 5}$$

3. MobCall 설계

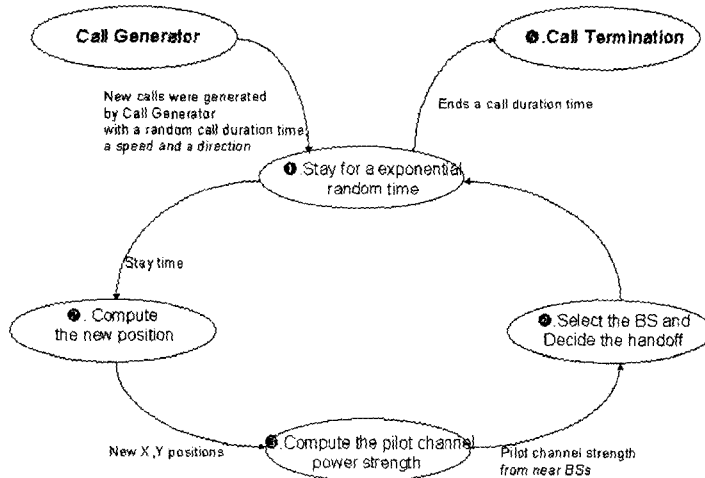
3.1 호 상태 천이도

[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 상태만을 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. 생성된 호는 ❶ 상태에서 사용자의 이동성을 표시하기 위하여 다시 짧은 랜덤시간 동안 대기한다. ❷ 상태에서는 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. ❸ 상태에서는 새로운 사용자 위치에서 근접한 각 기지국으로부터의 Pilot Channel 전력을 측정한다. ❹ 상태에서는 측정된 강도에 따라 기존에 통화가 이루어지던 기지국보다 전력이 센 Pilot Channel 기지국을 선정하고 핸드오프 발생 여부를 판단한다. ❺ 상태에서 호는 다시 ❶ 상태로 돌아가 랜덤 시간을 다시 대기한다. ❶ 상태에서 호가 발생될 때 주어진 통화시간에 도달하면, ❸ 상태로 천이하여 각종 통계 자료를 저장하고 호를 제거한다. ❶ 상태에서 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 정지상태에서 통화중인 것으로 시뮬레이션된다.



[그림 2] MobCall 호 상태 천이도

[Fig. 2] USER Call State Diagram in MobCall

3.2 기지국 및 이동호스트 특성 설계

3.2.1 기지국 지역 특성

MobCall에서 기지국이 설치되어 있는 지역에 대한 특성은 <표 1>에 제시되어 있는 환경 변수를 통해 결정된다.

<표 1> 기지국 환경 변수

<Table 1> Base Station Environment Variables

기지국 환경 변수명	설명	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	2.0
$H_b(m)$	Antenna 높이	200
$G_b(dB)$	Antenna Gain	6.0
$V_{avg}(km/h)$	해당 기지국내에서 차량 평균 이동 속도	없음

3.2.2 호 접속

이동통신 시스템에서 사용자 통화 요구 시 이동 단말기와 기지국간의 연결은 기지국에서 전송되는 Pilot Channel의 세기에 의하여 결정된다. [그림 3]은 TR-45에서 제시하고 있는 이동단말기에서의 전력 제

어 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.

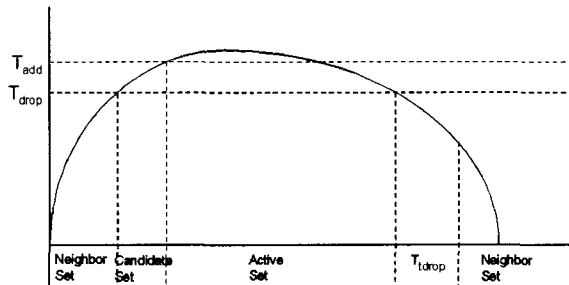
3.2.3 기지국별 호발생 특성 제어

MobCall에서 각 셀에서의 사용자 통화를 시뮬레이션하기 위하여 랜덤 호를 발생시키는 호 발생기를 위한 입력 변수는 <표 2>와 같다.

<표 2> 호 발생기 특성 변수

<Table 2> Characteristic Variables for Call Generators

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



[그림 3] 전력제어 임계치

[Fig. 3] Power control threshold Value

4. MobCall 실험 결과 및 분석

4.1 시뮬레이션 환경

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

가. 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 기지국임을 가정하여 모든 기지국은 동일한 특성을 가지고 있다. 시뮬레이션을 위한 기지국 특성 변수 값은 <표 3>을 사용하였다.

<표 3> 기지국 입력 변수 값
<Table 3> Input Variable for Base Stations

변수명	설명	설정값
지역 특성	상업과 주거 지역을 시뮬레이션	상업, 주거지역
S _b	셀 내 지하철 통과 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)

나. 호 발생기 특성 값

MobCall에서는 각 셀에서의 랜덤 호를 발생시키는 호 발생기를 위한 입력 변수 값을 <표 4>에 나타냈다.

<표 4> 호 발생기 입력 변수 값
<Table 4> Input Variables for Call Generators

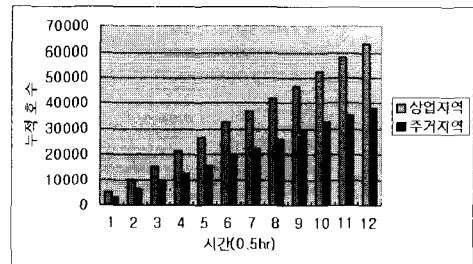
호 발생기 변수명	설정값
호 발생주기(calls/hour)	3,042(상업) 1,850(주거)
호 점유시간(sec)	65

<표 4>에서 발생주기는 실제 이동통신 환경에서 상업지역과 주거지역의 최빈시간대(Busy Hour) 평균 발생 호 수이다.

4.2 실험 결과 및 분석

가. 호 발생

시뮬레이션에서 발생하는 상업지역과 주거지역의 호 누적 개수는 [그림 4]와 같다. [그림 4]에서는 최빈시간 동안 상업지역에서 발생하는 호 개수가 주거지역에 비하여 보다 많이 발생되어 처리됨을 보여주고 있다. 이는 상업지역에서 요구되는 이동통신 사용자의 통화 및 부가서비스 요구가 주거지역에 비하여 많으며, 이런 요소가 시스템 설치 및 운영 시에 반영되어야 함을 알 수 있다.



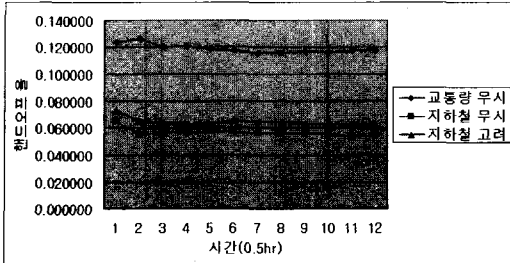
[그림 4] 지역별 누적 발생 호 수

[Fig. 4] Cumulated number of calls in locations

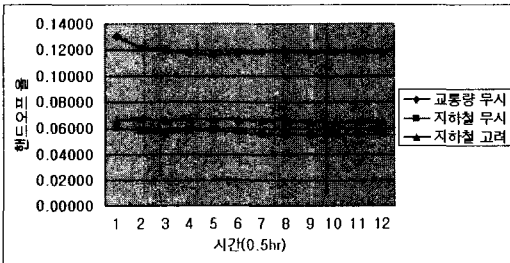
나. 교통량에 따른 핸드오프 분석

[그림 5]와 [그림 6]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 2.1.2 절에서 제시한 정지중인 사용자와 저속으로 움직이는 사용자에 대한 이동성과 도심 및 외곽에서의 승용차, 버스, 지하철의 이동속도와 수송분담율이 반영된 것이다. [그림 5]와 [그림 6]에서 Traffic Source 모델이 반영되지 않은 시뮬레이션에서의 핸드오프율은 Traffic Source 모델이 적용된 핸드오프율과 많은 차이를 보여주고 있다. 또한, 지하철의 지향성과 차

량 이동속도에 비해 빠른 이동속도로 지하철이 고려 되었을 때의 핸드오프율이 높아짐을 보이고 있다.

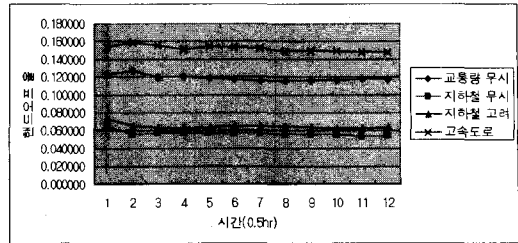


[그림 5] 주거지역에서 교통량에 따른 핸드오프율
[Fig. 5] Handoff Rates in Resident Areas



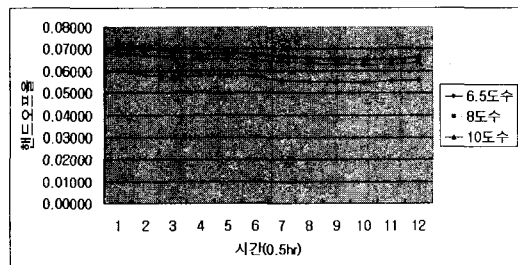
[그림 6] 상업지역에서 교통량에 따른 핸드오프율
[Fig. 6] Handoff Rates in Commercial Areas

[그림 7]은 고속도로에서의 핸드오프율을 [그림 5]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 시뮬레이션 할 수 있다.



[그림 7] 고속도로와 주거 지역에서의 핸드오프율 비교
[Fig. 7] Comparison hand-off rates between expressways and Residential areas.

다. 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 통화 중 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 8]은 상업지역에서 사용자 평균 호 점유 시간 변화에 따른 핸드오프율의 변화를 보여주고 있다. 실제 이동통신 환경에서 사용자 평균 호 점유 시간은 6.5도수(1도수 = 10초)이므로, [그림 8]은 이를 비교한 것이다.



[그림 8] 평균 호 점유시간에 따른 핸드오프율 비교
[Fig. 8] Hand-off rates of the average call duration time

5. 결론

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 적용하고 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 주거지역과 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 패턴에 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.

※ 참고문헌

- [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/Mobiili/pt/manual.html>
- [4] Martin Stepler, C.H. Rokitansky, "SIMCO3++: Simulation of Mobile Communication", http://www.comnets.rwth-aachen.de/report/subsection2_4_12_4.html
- [5] Derek Lam, Donald C. Cox and Jeniffer Widom, "Teletraffic modeling for Personal Communications Services," IEEE Communication, Feb. 1997
- [6] Derek Lam, Donald C. Cox and Jeniffer Widom, "Teletraffic modeling for Personal Communications Services," <http://www-db.stanford.edu/sumatra>
- [7] 김성윤, 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, "TEPLACK: An Advanced Teletraffic Analysis Package," IEEE Communication Mag., Aug. 1998
- [10] Huro Akimaru and Konosuke Kawashima, "Teletraffic : Theory and Applications," Springet-Verlag, 1993
- [11] San-qi Li, Sanghyu Park and Dogu Arifler, "SMAQ: A Measurement-Based Tool for Traffic modeling and Queuing Analysis, Part I: Design Methodologies and Software Architecture," IEEE Communication Mag., Aug. 1998
- [12] San-qi Li, Sanghyu Park and Dogu Arifler, "SMAQ: A Measurement-Based Tool for Traffic modeling 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://cxsim.ncl.ac.uk/manual/cppsim.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. Gopinath, 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. Zoononzi, 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. 6-70 ~ 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>

유 기 흥



1964. 서울대학교 문리대 물리학과 졸업(학사)
1979. 동국대학교 대학원 전자계산학(석사)
1991. 동국대학교 대학원 전산통계학 박사과정
- 1977~현재 명지전문대학 정보통신과 교수