

이동통신 시뮬레이터를 위한 개선된 텔레트래픽 모델과 객체 클래스 설계

윤 영 현* · 김 상 복** · 이 정 배*** · 이 성 철****

요 약

복잡하고 다양한 이동통신 서비스 환경을 위한 여러가지 시뮬레이터가 개발되어 사용되고 있다. 이러한 시뮬레이터들은 각자 고유의 텔레트래픽 모델을 가지고 있으며, 텔레트래픽 모델은 트래픽 소스 모델과 네트워크 트래픽 모델로 구성되어 있다. 본 논문에서는 도시 지역을 위한 이동통신 시뮬레이션에서 보다 더 정확한 시뮬레이션 결과를 얻기 위하여 실제 환경에서 습득한 자료를 바탕으로 한 네트워크 트래픽 모델과 트래픽 소스 모델을 정의하였다. 본 논문에서 제시한 네트워크 트래픽 모델은 시간당 호 발생 주기와 호 지속 시간을 실제 설치된 기지국으로부터 수집된 자료를 분석하여 시간과 지역별로 반영하였으며, 트래픽 소스 모델은 기지국 설치 지역의 수송분담율과 평균 속도 정보를 포함하고 있다. 본 논문에서는 제시된 트래픽 소스 모델을 반영하는 이동호스트 객체와 기지국 객체, 그리고 네트워크 트래픽 모델을 반영하는 Call Generator 객체와 이를 지원하는 여러 객체를 정의하고 설계하였다. 본 논문에서 제시한 텔레트래픽 모델을 이용하여 실제 서비스 환경과 유사한 형태의 사용자 이동성과 트래픽 특성을 시뮬레이션에 반영할 수 있으며, 이를 통해 보다 더 정확한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있다. 또한 객체지향적 기법을 사용함으로써 개발된 이동통신 시뮬레이터가 항상 실제 서비스 환경을 반영할 수 있도록 새로운 서비스 기능이나 환경을 손쉽게 추가하거나 변경할 수 있다.

Design of the Advanced Mobile Teletraffic Model and Object Classes for Mobile Simulator

Younghyun Yoon* · Sang Bok Kim** · Jeong-Bae Lee*** · Sung Chul Lee****

ABSTRACT

Many simulators have been developed and are being used for the complex and various mobile communication service environments. Each of these simulators has its own teletraffic model that consists of traffic source model and network traffic model. In this paper, network traffic model and traffic source model, which are based on the data gathered in real environment, are defined in order to get more accurate simulation results in the mobile communication simulation for the urban region. The network traffic model suggested in this paper reflects the hourly call generation rate and call duration time by analyzing the data collected from actually installed base station by the time and place, and the traffic source model includes the delivery share ratio and average speed information in the region where the base station is installed. This paper defined and designed Mobile Host object that reflects the suggested traffic source model, and Call Generator object that reflects the network traffic model, and other objects support both objects. Using the teletraffic model suggested in the paper, user mobility similar to real service environment and traffic characteristics can be reflected on the simulation, and also more accurate simulation results can be got through that. In addition, by using object-oriented techniques, new service feature or environment can be easily added or changed so that the developed mobile communication simulator can reflect the real service environment all the time.

키워드 : 이동통신(Mobile Communication), 시뮬레이터(Simulator), 트래픽모델(Teletraffic Model)

1. 서 론

이동통신 환경은 다양한 기능 요소가 복합적으로 연관되어 있어 원활한 동작을 위해서는 이동통신 시스템 구성 요소들의 동작 특성 및 성능을 사전에 충분히 고려하여 시스

템을 구축하여야 하므로, 이동통신시스템의 성능을 평가하고 시험하기 위한 다양한 도구들이 개발되어 사용되고 있다[1, 2].

이동통신을 위한 시뮬레이션을 수행하기 위해 가장 기본이 되는 것은 이동통신 사용자들의 통화 및 이동 특성을 반영한 사용자 통화 모델을 정의하는 것이며, 이를 이동통신 텔레트래픽 모델이라고 한다[3].

이동통신을 위한 텔레트래픽 모델은 일반적으로 두 가지

† 정 회 원 : 명지전문대학 정보통신과 교수
 ** 정 회 원 : 애니빌 대표이사
 *** 중신회원 : 선문대학교 컴퓨터정보학부 교수
 **** 정 회 원 : 명지전문대학 정보통신과 교수
 논문접수 : 2003년 12월 31일, 심사완료 : 2004년 7월 28일

하부 모델로 나누어 정의한다. 하부 모델 중 첫째는 트래픽 소스 모델(traffic source model)으로써 사용자 이동성 정보를 포함하고 있는 것으로 사용자의 이동속도와 이동방향이 모델을 결정한다. 두 번째 하부모델은 네트워크 트래픽 모델(network traffic model)으로써 이동통신 사용자의 시간과 공간적인 변화에 따른 이동통신 트래픽을 특성화하는 것으로, 시간과 장소별 통화량, 통화시간, 불완료율, 핸드오프율 등이 모델을 결정하는 중요한 요소이다.

이동통신 텔레트래픽 모델에는 이동통신 성능을 평가하는데 중요한 평가 요소들을 포함하고 있어, 적용된 텔레트래픽 모델에 따라 시뮬레이션의 결과가 달라질 수 있다. 따라서, 이동통신 텔레트래픽 모델을 정의하는 것은 대단히 중요한 일이며, 시뮬레이션하고자 하는 대상을 대신해 줄 수 있어야 한다. 본 논문에서는 실제 도시 지역에 설치되어 있는 각 기지국으로부터 수집된 통화정보와 사용자 이동 특성을 반영한 텔레트래픽 모델을 제시하고, 이를 이용하여 이동통신 시뮬레이터를 구현할 수 있는 객체를 설계하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 네트워크 트래픽 모델에 대한 관련 연구와 각 기지국에서 수집된 자료를 분석한 결과[4]를 근간으로 한 네트워크 트래픽 모델을 제시한다. 3장에서는 트래픽 소스 모델에 대한 관련 연구와 도시 지역 내에서의 사용자 이동 수단별 특성을 반영하는 트래픽 소스 모델을 제시한다. 4장에서는 본 논문에서 제시한 텔레트래픽 모델을 이용한 이동통신 서비스 객체를 설계한다. 5장에서는 본 논문에 대한 결론과 향후 연구 방향에 대해서 설명한다.

2. 네트워크 트래픽(Network Traffic) 모델

네트워크 트래픽 모델은 이동통신 사용자의 통화 특성을 모델링하는 것으로 사용자의 호 발생 주기와 발생된 호의 통화 점유 시간으로 구성되어 있다. 기존의 연구에서 사용자 호 발생은 일정시간 동안 발생한 평균 통화량을 이용한 포아송(Poisson) 분포를 이용하고 통화 점유 시간은 호당 평균 통화 시간을 이용한 지수(Exponential) 분포를 사용하여 모델링하여 왔다[5,6]. 포아송 분포를 이용한 네트워크 트래픽 모델은 이동통신 구성 요소들의 호 처리 성능을 분석하기 위하여 주로 사용되고 있으나, 매우 복잡한 사용자 통화 특성을 가지고 있는 이동통신 시스템을 평균 통화 수에 의존한 포아송 분포로는 표현하기가 매우 어렵다. 포아송 모델에서의 문제점을 해결하기 위하여 [7,8]에서는 큐잉 모델을 이용한 통화 모델을 제시하고 있으나, 이를 시뮬레이터로 구현하기가 매우 어렵다는 단점을 가지고 있다. [9-11]에서는 실제 이동통신 서비스 환경에서 발생하는 각종 실측 자료를 이용하여 통신 네트워크 상에서 정보의 전달과

전송에 대한 모든 현상을 나타내는 네트워크 트래픽 모델을 제시하고 이를 이용한 시뮬레이터가 개발되어 있으나, 문제점은 특정 환경에서의 이동통신 시스템을 시뮬레이션하고자 할 때 실측된 지역과 유사한 지역을 시뮬레이션했을 때는 시뮬레이션 결과가 유용한 결과일 수 있지만 다른 통화 특성을 가진 환경을 위한 시뮬레이션에서는 정확한 결과값을 얻을 수 없다는 단점이 있다. [9]에서는 미국 샌프란시스코 지역의 이동통신 특성을 반영하였고, [10]과 [11]도 미국 내 특정지역에서의 실제 통화량을 바탕으로 제시된 네트워크 트래픽 모델이다.

본 논문에서는 외국에서 제시된 통화량 정보를 사용하지 않고 [4]에서 제시된 서울시 주요 기지국에서 실측된 통화량 분석 자료를 근간으로, 시간대별 통화량을 반영할 수 있는 네트워크 트래픽 모델을 제시하고자 한다.

[4]에서는 도시 지역에 설치된 기지국에서 실측된 통화량 자료를 크게 주거지역, 상업지역, 공업지역 그리고 녹지지역으로 지정된 4가지의 도시계획 용도지역으로 구분하여 그 통계 결과를 제시하고 있다. [4]에서 제시한 결과를 보면, 도시 지역의 각 용도지역은 해당 지역의 인구 수 및 업무적 특성에 따라 통화량 특성이 나타나며 이는 (그림 1)에 나타나 있다.

(그림 1) 용도지역의 시간대별 실제 통화량

(그림 1)에서 상업지역은 주중 주간에는 많은 외부 인구가 이 지역으로 밀집되어 업무상 많은 양의 통화를 유발시키다가 퇴근 시간대 이후에는 상주하는 인구가 적은 관계로 주간에 비하여 현격히 적은 통화량을 유발하는 특성을 나타내고 있다.

<표 1>은 도시의 각 용도지역에 설치되어 있는 기지국에서 시간대별로 발생하는 실제 통화량의 하루중 분포표이다.

<표 1>에 의하면 주거지역의 오후 2시경의 통화량은 1,803.9건의 통화가 발생되나, 오전 5시경에는 100.5건의 통화가 서비스된다. 이러한 차이를 네트워크 트래픽 모델에 반영하기 위하여 기지국이 설치되어 있는 지역과 시간대에 따라 서로 다른 통화 분포가 나올 수 있도록 포아송 분포의 입력 값을 조절할 수 있도록 한다.

〈표 1〉 용도지역의 주중 시간대별 통화량 분포(Hw(a,h))
(단위: %, Call)

h \ a	주거지역 (1)	상업지역 (2)	준공업지역 (3)	녹지지역 (4)	평 균
0	2.33	2.04	1.69	1.38	1.86
1	1.32	1.39	0.96	0.78	1.11
2	0.81	0.87	0.58	0.50	0.69
3	0.56	0.49	0.36	0.36	0.44
4	0.40	0.32	0.24	0.31	0.32
5	0.36	0.22	0.29	0.44	0.33
6	0.58	0.29	0.53	0.79	0.55
7	1.32	0.72	1.17	1.62	1.21
8	2.56	1.69	2.32	3.09	2.42
9	4.48	3.81	4.63	5.29	4.55
10	5.83	5.77	6.31	6.40	6.08
11	6.45	7.05	7.04	6.88	6.86
12	6.17	6.37	6.34	6.43	6.33
13	6.19	7.12	6.58	7.37	6.82
14	6.46	7.60	6.89	7.09	7.01
15	6.56	7.94	7.23	7.21	7.24
16	6.64	7.87	7.14	7.31	7.24
17	6.74	7.58	7.17	7.22	7.18
18	7.16	7.74	7.75	7.18	7.46
19	6.71	6.53	6.76	5.92	6.48
20	6.06	5.32	5.56	5.18	5.53
21	5.72	4.56	5.06	4.49	4.96
22	4.77	3.72	4.07	3.89	4.11
23	3.81	3.00	3.34	2.87	3.26
일일 평균통화량 (CAa)	27,924	39,851	29,120	16,433	28,332
시간대 평균통화량	1,163	1,660	1,213	685	

$$C_{(a,h)} = CA_a * Hw_{(a,h)} \quad (a = 1 \dots 4, h = 0 \dots 23) \quad (1)$$

$$P(X(t=60)) = C_{(a,h)} \quad (a = 1 \dots 4, h = 0 \dots 23) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)를 통하여 제시된 네트워크 트래픽 모델에서는 지역의 시간대별 통화량에 따른 포아송 분포 모델을 제시하고 있다. 따라서, 제시된 네트워크 트래픽 모델을 사용하는 시뮬레이터에서는 실측된 통화 분포에 따라 기지국 설치 지역과 시간대에 따른 시뮬레이션이 가능하게 한다.

3. 트래픽 소스(Traffic Source) 모델

이동통신 환경에서의 트래픽 소스 모델은 이동성 모델이라고도 하며 이동 단말에 의한 사용자 이동성 정보를 포함하고 있다[10]. 트래픽 소스 모델은 셀 내에서 이동통신 사용자가 어떻게 분포하고 있으며 어떻게 이동할 수 있는지를 정의하는 모델이다. 이러한 모델 중에서 가장 간단하고

기본적인 모델은 [12]에서 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.

[13]에서는 One-dimensional 이동성 모델을 제시하고 있다. 이 모델에서는 한 축상에서 정해진 양쪽 방향으로의 이동성만을 가정한 고속도로에서의 이동전화 이동성을 모델링 했다. [14]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 위한 이동성 모델은 [19]에서 제시되었다. 이 모델은 빌딩 내에서의 상하 움직임을 고려한 3차원적인 이동성 모델이지만 indoor 환경에서만 가능한 제한적인 모델이다.

위에서 제시한 모델들은 실제적인 환경을 고려한 것이 아닌 시뮬레이션을 위해서 만들어진 모델이다. 사용자 이동성을 결정하는 요소는 사용자 이동속도와 이동 방향이다. 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(수)방향으로 연결되어 있다고 가정할 수 있다. 본 논문에서 제시한 트래픽 소스 모델은 도시 환경에서 기지국이 설치되어 있는 지역 환경을 중심으로 한 모델이므로, [14]에서 제시한 limited directed two-dimensional 이동성 모델에서 제한적인 사용자 이동방향을 전(수) 방향으로 하여 방향 제한을 없앤 모델을 사용한다.

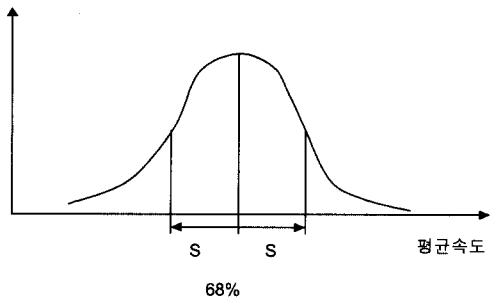
3.1 사용자 이동속도

이동전화의 사용 패턴을 분석해 보면 사용자가 움직이면서 통화하는 데는 한계가 있다. 즉, 대부분의 핸드오프가 발생하는 것은 차량의 이동에 의한 것이 대부분이다. 이동성 모델에서 속도에 대한 패턴은 [15]에서 제시된 Non-uniform 속도 분포 모델이 있으며 이 모델은 속도 패턴을 2가지 형태로 분리한 모델이다. 따라서, 본 논문에서는 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

3.1.1 속도가 빠른 사용자 클래스

속도가 빠른 사용자는 대부분 차량에 의한 이동이므로 차량에 대한 모델을 그대로 적용할 수 있다. 이러한 차량에 대한 모델의 적용은 [16]에서 적용된 속도 분포를 사용한다. [16]에서 제시한 바와 같이 이동하는 차량의 속도분포는 정규분포와 같은 형태로 나타나고 차량의 68%가 평균을 중심으로 표준편차만큼 되도록 한다. (그림 2)는 차량의 평균속도의 분포를 나타낸 것이다.



(그림 2) 이동차량 속도분포

(그림 2)에서 평균속도는 셀이 속한 지역의 시간대별 평균속도의 통계를 구해서 적용한다. 또한, 서울과 같은 대도시에는 지하철이 중요한 교통 수단으로 활용되고 있으므로, 본 논문에서는 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, [13]에서 제시한 One-dimensional 이동성 모델과 고속 차량을 위한 모델을 혼합하여 사용해야 한다는 점이다. 따라서, 본 논문에서는 <표 2>와 같은 교통량 조사에 의하여 기지국 내에서의 이동호스트가 <표 2>에 나타난 수송분담률 분포만큼의 교통수단을 이용하여 이동하고 있다고 가정한다.

<표 2> 서울 지역의 통행수단별 통행량, 수송분담률, 평균속도[16]

이동수단	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 기타버스	576,098	1.9
마을버스	1,099,312	3.7
시내시의 좌석버스	5,280,512	17.7
오토바이 및 기타	1,220,105	4.0
지하철	9,959,383	33.5

<표 3>은 <표 2>에서 제시된 교통 수단별 평균 이동속도로써, 본 논문에서 제시하는 트래픽 소스 모델에서는 셀 안에서 이동하는 사용자의 이동수단과 그에 따른 이동속도, 지하철 존재 여부와 지하철 평균속도를 적용하여 고속으로

이동하는 사용자를 모델링할 수 있는 트래픽 소스 모델을 제시하고자 한다.

<표 3> 서울 지역 시간대 및 지역별 차량 평균 속도[16]

구 분		평균 통행 속도	
		승용차	시내버스
시간대	오 전	25.19	20.18
	낮	27.04	20.52
	오 후	24.18	19.52
지 역	도 심	17.72	20.94
	외 광	25.90	19.13

본 논문에서 제시하는 트래픽 소스 모델은 먼저 식 (3)을 이용하여 고속으로 이동하는 사용자의 초기 속도를 결정하며, 일정 시간 후 계속되는 속도 변화는 식 (4)에 의해 결정되도록 한다.

$$S_0 = G(e, \sigma) \tag{3}$$

$$S_i = U[S_{i-1} \times 0.9, S_{i-1} \times 1.1] \quad \text{where } i = 1, 2, 3 \dots \tag{4}$$

이동호스트의 초기 이동속도는 식 (3)과 같이 가우시안(Gaussian) 확률분포 함수에 의해서 결정된다. 이 때 가우시안 함수를 위한 평균값(e)은 <표 3>에 제시된 지역과 시간대에 따른 교통수단의 평균 속도이며, 변화폭(σ)은 시물레이션 환경에 따라 입력값으로 지정하여 결정할 수 있도록 한다. 식 (4)에서는 이동호스트가 통화 중에 발생하는 이동 속도의 변화를 반영하기 위한 것으로 이동호스트의 평균 통화시간이 65초인 점을 고려할 때, 이동호스트의 통화 중에 급격한 속도 변화는 거의 없다고 가정하여 식 (4)와 같이 현재 속도의 10% 범위 내에서 Uniform 분포를 나타내는 모델을 사용한다.

3.1.2 저속 또는 정지한 유저들의 클래스

저속 또는 정지한 사용자는 [16]에서 해당 지역에 있는 인구 중 52.4% 정도는 정지된 상태에 있으며 나머지는 <표 2>에 제시한 바와 같은 수단을 이용하여 이동 중인 인구로 제시하고 있다. 또한, 도보에 의한 속도는 평균 1.2m/sec로 움직인다고 가정하고 있다. 결국, 이동통신 사용자의 평균호 점유 시간인 65초 동안 도보로 이동한 사용자는 78m를 이동하게 되므로 핸드오프에는 큰 영향을 주지 않는다.

본 논문에서는 정지 상태인 사용자와 도보로 이동 중인 사용자에 대해서는 정지 상태에서 전화를 받는 것으로 간주하고, 나머지 사용자는 <표 2>와 <표 3>에서 제시한 수송분담률과 이동속도를 이용하여 사용자 이동성을 고려하여 핸드오프를 유발시키도록 한다. 이는 시물레이션 시 각 사용자 호의 위치를 추적하기 위해 요구되는 많은 양의 계산을 감소시켜 빠른 시물레이션 결과를 제공해 주는 장점이 있다.

3.2 사용자 이동방향

트래픽 소스 모델에 영향을 주는 요소는 속도와 방향이다. 그러나 대부분의 기존 트래픽 소스 모델에서는 방향에 대해서는 거의 고려하지 않고 있다. [12]에서 이동호스트는 셀 내에서는 방향을 변화시키지 않고 셀을 벗어나는 경계에서 한 번 방향을 변화시킨다. [17]에서는 이동호스트의 움직임 패턴과 이동호스트의 방향을 움직임이 변함에 따라 성능에 어떠한 영향을 주는지에 대해서 조사하여, 사용자 방향의 변화를 현재 움직이는 방향을 기준으로 변화의 폭을 정했다. 하지만 실제적으로 도로와 같이 저속으로 움직이는 사용자는 전방향으로 방향이 변화할 수 있지만, 이동수단을 이용하여 고속으로 움직이는 사용자의 대부분은 3방향(전, 좌, 우)으로만 주로 움직이며, 직진이 우선적이다.

본 논문에서는 고속과 저속으로 움직이는 차량의 이동 특성을 고려하기 위해서 초기 방향은 식 (5)와 같이 균등하게 전(후) 방향으로 시작하고, 시간이 지나 사용자가 방향을 변화시킬 때, 고속으로 이동하는 사용자는 기존에 진행하던 방향을 중심으로 식 (6)의 δ 만큼의 일정 범위 내에서만 진행 방향을 변경하도록 제한하고, 저속으로 움직이는 이동호스트는 식 (7)과 같이 방향을 정할 때마다 360° 전(후) 방향으로 움직일 수 있도록 한다. 이러한 방법에 의해서 이동호스트의 이동방향을 실제적인 환경을 고려한 형태의 모델로서 적용할 수 있다.

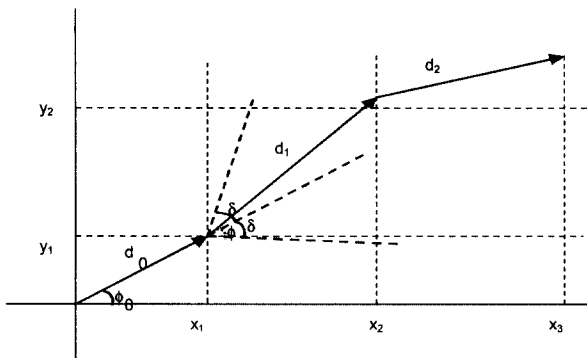
$$D_0 = \phi = U[0, 359] \tag{5}$$

$$D_i = U[D_{i-1} - \delta, D_{i-1} + \delta] \text{ where } i = 1, 2, 3 \dots \tag{6}$$

for Mobile Host in $\geq 20\text{km}$

$$D_i = U[0, 359] \text{ where } i = 1, 2, 3 \dots \tag{7}$$

for Mobile Host in $< 20\text{km}$



(그림 3) 이동호스트 이동 방향 결정 모델
(이동호스트 속도 $\geq 20\text{km}$)

(그림 3)은 앞서 설명한 내용들을 그래프로 나타낸 것이다. (그림 3)에서 이동거리 d_0 는 식 (5)에 의하여 최초 이동 방향 ϕ_0 방향으로 이동하다가, 일정 시간이 지나면 진행 속도에 따라 진행하던 방향에서 식 (6) 또는 식 (7)에 의하여

새로운 방향을 결정하여 d_1 만큼 이동하게 된다. (그림 3)은 이동호스트가 20km 이상의 속도로 움직여 새로운 방향이 식 (6)에 의하여 결정되는 것을 나타낸 것이다.

4. 시뮬레이터 객체 설계

4.1 Call Generator 객체

실제 환경의 이동통신 통화는 수 많은 이동통신 가입자가 임의의 지역에서 임의의 순간에 통화를 시도하여 임의의 시간동안 통화를 지속하다 종료하게 된다. 이러한 환경을 시뮬레이션하기 위해서는 기지국 내에 존재하는 이동통신 가입자를 모두 정의하여 시뮬레이션해야 하나, 수 많은 이동통신 가입자를 정의하여 시뮬레이션하기란 거의 불가능하다. 만약 이동통신 가입자를 정의하여 시뮬레이션한다면 이동통신 가입자를 모델링할 수 있도록 기지국 내의 가입자 수 만큼의 객체를 생성하여 가입자 모두의 속도와 방향에 따른 이동 상황을 추적해야만 한다. 이러한 시뮬레이션 동작은 이동통신 가입자 처리를 위해 많은 양의 메모리와 CPU 처리를 요구하게 되고, 이로 인한 시뮬레이션 속도는 현저히 늦어지게 되어 사용이 불가능해 질 수 있다.

본 논문에서는 이동통신 가입자를 정의하는 대신에 이동호스트의 Call 객체를 자동으로 생성하였다가 지정된 통화 시간 후에 종료시키는 Call Generator라는 기능을 정의하여 디자인하였다.

본 논문에서 정의한 Call Generator는 시뮬레이션되는 기지국 특성에 따라 발생하는 시간당 평균 통화 발생 횟수를 이용한 포아송확률분포 함수에 따라 기지국마다 서로 다른 개수의 이동호스트를 생성한다. 이 때 Call Generator에 의해 생성되는 이동호스트는 생성되면서 기지국 내에서의 초기 위치를 랜덤하게 지정받고 식 (3)과 식 (5)에 의해 소속 기지국의 특성에 따른 초기 속도와 진행 방향을 결정하여, 이동호스트가 통화 중에 이동하는 것과 이동호스트의 이동에 따른 핸드오프를 시뮬레이션할 수 있도록 한다. 이렇게 생성된 이동호스트는 평균 통화 지속 시간을 이용한 지수 확률분포 함수에 따라 임의의 통화 시간을 지정받고, 지정된 통화 시간동안 이동하면서 통화하다가 종료하게 된다. 이를 통하여 수 많은 이동통신 가입자를 정의하지 않고서, 기지국에서 일정시간 동안 발생하는 실제 통화 횟수만큼의 이동통신 서비스를 시뮬레이션할 수 있게 함으로써, 전체 가입자를 정의하는 것에 비하여 컴퓨팅 자원을 절감하면서 빠른 시간 내에 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있게 된다.

<표 4>는 위에 설명한 Call Generator 객체를 설계하기 위해 요구되는 변수들이다.

<표 5>는 위에 설명한 Call Generator의 기능과 <표 4>에서 정의한 특성 변수를 이용하여 디자인된 객체 클래스

이다. <표 5>는 <표 4>에서 정의된 변수의 확률 분포 함수에 따라 결정된 초기값을 새로이 생성된 이동호스트에 할당해 주고, 시뮬레이션 엔진의 Job Queue에 작업을 추가해 주는 함수로 구성되어 있다.

<표 4> Call Generator 특성 변수

이동통신 환경 변수	설 명	기본값
호 발생률 (Calls/hour)	식 (1)에 따라 해당 셀에서의 시간 당 발생 되는 호 수 (λ)	없 음
호 점유시간 (sec)	발생된 이동호스트의 채널 점유시간 : 지수분포에 의해 결정 특성값 ($1/\mu$)	65
이동성 (Mobility)	발생된 이동호스트의 이동 속도를 지정하는 값. 범위 : (0, ∞)	없 음
이동방향 (Direction)	발생된 호의 이동 방향을 지정하는 값. 범위 : (0, 359)	없 음
Init_x	기지국 내의 초기 위치의 X 좌표 CS = Cell Size	$0 \leq X < CS/2$
Init_y	기지국 내의 초기 위치의 Y 좌표	$0 \leq Y < CS/2$

<표 5> Call Generator 객체 클래스

```
class Generator : public Process
{
public :
    Generator (int,double,double) ;
    virtual ~Generator () ;

    virtual void Body () ;

private :
    int G_id ; // Call Generator ID
    ExponentialStream* InterArrivalTime ; //호 발생을 위한 포아송확률 분포 = 1H/지수확률분포
    ExponentialStream* Avg_call_duration ; // 호 지속 시간을 위한 지수확률분포함수
    UniformStream* MS_Trans ; // 식 (3)을 결정하기 위한 이동호스트의 이동수단
    UniformStream* MS_Direction ; // 식 (5)에 의해 이동호스트 초기 방향
};

Generator :: Generator (int id, double AvgArrivalRate, double AvgCall) : G_id(id)
{
// 기지국 위치 및 시간대별 통화 발생을 위한 포아송 분포를 구현을 위해
// Exponential 랜덤 함수를 위한 입력값으로 변환, 1시간 = 3,600초
double InterA= 3600/AvgArrivalRate ;
double range= AverageCellSize/2 ; // 이동호스트의 위치 지정을 위한 Cell 크기

InterArrivalTime = new ExponentialStream(InterA) ; // 통화 발생을 위한 랜덤 함수
Avg_call_duration = new ExponentialStream(AvgCall) ; // 통화 시간 발생을 위한 랜덤함수
// 10가지 경우를 Uniform하게 랜덤 생성하고, 수송분담율 <표 2>에 따라 이동수단 결정
MS_Trans = new UniformStream(10) ;
}
```

```
void Generator :: Body ()
{
for(;;)
{
double init_x, init_y ; // 새로 생성되는 이동호스트의 기지국 내 최초 x,y, 위치 값
double call_duration ; // 새로 생성되는 이동호스트의 통화 시간
int Trans_mth ; // 이동호스트 이동 수단

Hold((*InterArrivalTime)()); // 기지국 위치 및 시간대별 통화량 발생기
init_x = L_gen->get_Location(); // 이동호스트의 최초 x 좌표 지정
init_y = L_gen->get_Location(); // 이동호스트의 최초 y 좌표 지정
call_duration = (*Avg_call_duration)(); // 이동호스트의 통화 시간 지정
Trans_mth = (*MS_Trans)(); // 이동호스트 이동수단 결정

// 새로 생성된 이동호스트 통화를 시뮬레이터의 Job Queue에 저장
Job* work = new Job(G_id,init_x, init_y, call_duration, Trans_mth);
}
}
```

4.2 이동호스트 객체

이동통신 시스템을 시뮬레이션하기 위한 중요한 요소는 이동호스트이다. <표 6>은 앞서 정의된 Call Generator 객체에서 생성된 이동호스트를 위한 객체를 설계한 것으로, 실제 이동통신 가입자의 통화를 시뮬레이션하기 위해 요구되는 가입자 위치정보, 통화 유지 시간, 이동방향 및 이동속도를 표현하기 위한 변수와 각 변수 값을 지정하기 위하여 식 (3), 식 (4), 식 (5), 식 (6) 및 식 (7)에서 지정된 확률분포에 따라 랜덤 값을 구하는 함수로 구성되어 있다.

<표 6> 이동호스트 객체 클래스

```
class MobileStation :
{
public :
    MobileStation (int Job*) ;
    ~MobileStation () ;

    void Body () ;

int get_bts() { return bts_id ; } ; // 소속된 기지국 번호 메소드
void set_bts(int b) { bts_id = b ; } ; // 소속 기지국 변경 메소드
double get_x() { return ms_x ; } ; // 이동호스트의 x 좌표 위치 호출 메소드
double get_y() { return ms_y ; } ; // 이동호스트의 y 좌표 위치 호출 메소드
double get_Hm() { return Hm ; } ; // 이동호스트의 고도 메소드
void set_x(double x) { ms_x = x ; } ; // 이동호스트의 x 좌표 지정 메소드
void set_y(double y) { ms_y = y ; } ; // 이동호스트의 y 좌표 지정 메소드
}
```

```

int*   get_ActivePointer() { return Active_set; }
// 이동호스트 인접 기지국 리스트
double StayTime (); // 중간 이동 시간 호출 메소드
duple get_Speed() { return ms_speed; } // 이동호스트 이동
// 속도 호출 메소드

private :
int    bts_id; // 소속 기지국 ID
double ms_x; // 이동호스트의 x 좌표 위치 값
double ms_y; // 이동호스트의 y 좌표 위치 값
double Hm; // 이동호스트의 고도, 단위 : m
int    Active_set[3]; // 이동호스트 인접 기지국 리스트
Job*   J; // 작업 처리를 위한 객체 ID
MobileStation** M; // 이동호스트 객체 ID
ExponentialStream* STime; // 이동호스트 통화 시간
double ms_speed; // 이동호스트 이동 속도
GaussianStream* DIR_var; // 이동호스트 이동 방향
};
    
```

4.3 기지국 객체

본 논문에서 제안한 텔레트래픽 모델을 가진 이동호스트는 실제 이동호스트와 동일하게 이동속도 및 이동방향을 가지고 이동하고 있으므로, 시뮬레이션이 보다 더 실제 환경과 유사하도록 하기 위하여 이동호스트와 기지국간의 연결은 기지국에서 전송되는 Pilot Channel의 세기를 측정하여 결정한다. 본 논문에서는 이를 위하여 식 (8)과 식 (9)를 이용하여 기지국과 이동호스트간의 Pilot Channel 세기를 결정하고, 이에 따라 이동호스트에서의 호 연결, 핸드오프, 그리고 호 절단 여부를 시뮬레이션 한다[18].

$$P_{pr} = P_p + L_p + A_l + G_m + L_m \quad (8)$$

- P_{pr} : Power of pilot channel by the mobile
- L_p : the average propagation path loss
- A_l : the allowance for lognormal shadow loss
- G_m : the gain of the mobile antenna
- L_m : the mobile receiver cable and connector losses

$$\frac{E_b}{(N_o + I_p)} = P_{pr} - 10 \log B_w - 10 \log [10^{0.1I_p} + 10^{0.1N_o}] \quad (9)$$

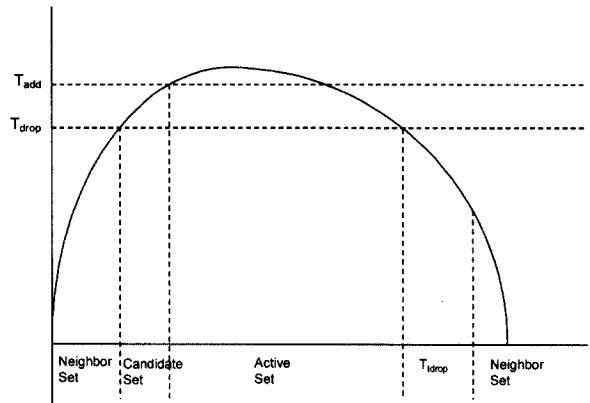
- N_o : Terminal noise density
- I_p : Interference density for the pilot channel
- BW : the Bandwidth(Hz)

식 (9)에서 L_p 는 기지국과 이동호스트간의 전파 전달 구간에서 발생하는 전파 손실을 나타내는 것으로, 이는 기지국 또는 이동호스트의 위치, 지특성 및 두 시스템간의 거리에 따라 변하게 된다. 식 (10)은 L_p 를 구하기 위하여 도시지역에서의 전파 전달 특성을 측정하기 위하여 많이 사용되는 Hata 모델[18]을 적용함으로써, 본 논문에서 제안한 텔레트래픽 모델에 따라 이동호스트가 위치한 지역별 특성에 따라 전파 전파모델을 제공하도록 하고 있다.

$$L_p = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log R_{dB} \quad (10)$$

- f_c : frequency(MHz)
- L_{50} : mean path loss(dB)
- h_b : base station antenna height(m)
- $a(h_m)$: correction factor for mobile antenna height(dB)
- R : distance from base station(km)

이동통신 시스템에서의 통화 설정은 이동호스트가 인근의 기지국으로부터 전달되는 Pilot Channel의 세기를 식 (9)에 의하여 구한 후, 그 세기에 따라서 (그림 4)와 같이 Neighbor Set, Candidate Set과 Active Set인 3개의 집합으로 구분하여 기지국 정보를 보유하고 있다.



(그림 4) 전력제어 임계치

본 논문에서는 이를 시뮬레이션하기 위하여 이동호스트의 위치 변경 시, 식 (9)에 따라 이동호스트에서 기지국과의 Pilot channel의 세기를 측정하고, (그림 4)에서 나타낸 기지국 집합 정보를 갱신함으로써, 이동호스트의 호 연결, 핸드오프 발생과 호 절단을 [19]에서 제시한 절차에 따라 시뮬레이션한다.

본 논문에서는 위에 제시한 기능들을 시뮬레이션하기 위하여 <표 7>은 기지국이 설치되어 있는 환경을 정의하기 위한 변수이며, <표 8>은 식 (8)과 (그림 4)에서 제시한 전파 세기 측정과 기지국 집합 정보를 관리하기 위해 요구되는 변수이다.

<표 7> 기지국 환경 변수

기지국 환경 변수	설 명	기본값
지역 특성	주거, 상업, 공업, 녹지 지역	없음
S_b	지하철 존재 여부, On/Off	Off
기지국 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

<표 8> 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 _p	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 _{add} (dB)	Tadd 임계치	-14.0
T _{drop} (dB)	Tdrop 임계치	-16.0
T _{comp} (dB)	Tcomp 임계치	2.5
T _{tdrop} (sec)	Ttdrop 임계치	5.0
A _s	Active Set Size	3

<표 9>는 위에 언급한 기능을 수행하도록 설계된 기지국 객체 클래스이다.

<표 9> 기지국 객체 클래스

```

class BaseStation :
{
public :
    BaseStation (int, double, double, int, double, double,
                double, double, double, double, int*,
                double, double, double, double);
    ~BaseStation ();

    void Body ();

    double ServiceTime ();
    int get_id() { return bts_id; };
    int get_Hb() { return Hb; };
    int get_x() { return loc_x; };
    int get_y() { return loc_y; };
    int get_PilotERP() { return Pilot_ERP; };
    int get_Terrain() { return Terrain; };
    int get_Gb() { return Gb; };
    double get_Tadd() { return Tadd; };
    double get_Tdrop() { return Tdrop; };
    double get_Ttdrop() { return Ttdrop; };
    void set_Tadd(double T1) { Tadd = T1; };
    void set_Tdrop(double T2) { Tdrop = T2; };
    void set_Ttdrop(double T3) { Ttdrop = T3; };
    int get_Neighbor(int i) { return NeighborList[i]; };
    int* get_NeighborPointer() { return NeighborList; };
    NormalStream* LN1; // Normal Random Stream for
                      // Log_Normal function
    NormalStream* R1; // Normal Random Stream for
                      // Rayleigh function

private :
    int bts_id; // 기지국 ID
    double loc_x; // 기지국 위치 X 좌표
    double loc_y; // 기지국 위치 Y 좌표
    int Terrain; // 기지국이 설치된 지역 특성-
                // 도시, open, mountain
    double Pilot_ERP; // Pilot Channel Power
    double Gb; // Antenna Gain
    double Hb; // Antenna 높이
    double Tadd; // Active Set 추가 Threshold
    double Tdrop; // Active Set 빠짐 Threshold
    double Ttdrop; // 핸드오프 Threshold
    int NeighborList[8]; // 인접 기지국 ID 리스트
    Job* J; // 기지국에 서비스를 요청하는
            // Call 리스트
};
    
```

4.4 호 연결을 위한 객체간의 관계

(그림 5)는 본 논문에서 설계한 이동통신 시뮬레이션터에서 Call Generator, 이동호스트 및 기지국 객체간의 관계를 보여주고 있다.

(그림 5)에서 Call Generator 객체는 각 기지국의 설치 장소와 시간대에 맞는 통화 호 수에 따라 이동호스트를 생성한다. 생성된 이동호스트는 위치정보, 통화 정보 및 이동정보를 가지고 있으며 이동하면서 각 기지국으로부터 전달되는 전파의 세기를 측정하여 전파 장애로 인한 호 절단과 핸드오프를 시뮬레이션할 수 있도록 한다.

(그림 5) 호 연결을 위한 Call Generator, 이동호스트, 기지국간의 관계도

(그림 5)의 기지국 객체에 포함되어 있는 세마포어는 해당 기지국에서 동시에 처리할 수 있는 통화 수를 지정하는 것으로 이동호스트가 해당 기지국으로부터 통화하기 위해서는 한 개씩의 세마포어 토큰을 가져야 하며, 만약 토큰을 갖지 못한다면 이미 이 기지국은 동시에 처리할 수 있는 통화 용량을 초과한 것으로 처리되어 호 절단 현상을 시뮬레이션할 수 있다. 세마포어 개수로 표현되는 채널 수는 시뮬레이션 실행을 위한 입력 값으로 처리되도록 하여, 시뮬레이션 환경에 따라 자유롭게 변경될 수 있도록 한다.

5. 결 론

본 논문에서는 도시에 설치되어 있는 기지국의 지역적 환경 특성을 반영한 트래픽 소스 모델과 네트워크 트래픽 모델이 포함된 텔레트래픽 모델을 정의하였다. 본 논문에서 제시한 네트워크 트래픽 모델은 실제 서비스 중인 주요 기지국 자료 이용함으로써 시뮬레이션 결과가 보다 더 정확하도록 하였다. 또한, 트래픽 소스 모델은 사용자 이동성을 표현하기 위해 각 지역별 차량 평균 속도와 승승분담율을 적용하고 있다.

본 논문에서는 제시한 텔레트래픽 모델은 이를 구현할 수

있는 객체를 설계하였다. 이 중 Call Generator는 제시된 텔레트래픽 모델에 따른 이동통신 서비스 요청을 자동 생성해 주는 기능을 수행함으로써, 이동전화 가입자 전체를 시뮬레이션하는 것과 동일한 효과를 얻으면서 적은 메모리와 CPU 성능 환경에서 시뮬레이터가 동작할 수 있도록 객체를 설계하였으며, 기지국과 이동호스트 객체는 세마포어를 사용하여 다양한 호 단절 현상을 시뮬레이션할 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서 추가로 고려해야 할 사항은 제시된 텔레트래픽 모델과 설계된 객체를 이용하여 이동통신 시뮬레이터를 구현하고 실험하여, 실제 서비스 환경과 유사한 실험 결과가 제공되는지 분석해야 한다. 또한, 제시된 트래픽 소스 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] P. E. Wirth, "The Role of Teletraffic modeling in the New Communications Paradigms," IEEE Communication Mag., Aug., 1997.
- [4] 윤영현, "이동통신 네트워크 트래픽 모델을 위한 도시지역 이동통신 트래픽 분석", 정보처리학회논문지C, 제10-C권 제4호, 2003.
- [5] Nail Akar, Nihat Cem Oguz and Khsrow Sohraby, "TELP-LACK : An Advanced Teletraffic Analysis Package," IEEE Communication Mag., Aug., 1998.
- [6] Huro Akimaru and Konosuke Kawashima, "Teletraffic : Theory and Applications," Springer-Verlag, 1993.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Derek Lam, Donald C. Cox and Jeniffer Widom, "Teletraffic modeling for Personal Communications Services," IEEE Communication, Feb., 1997.
- [10] K. Tutschku, P. Tran-Gia, "Spatial Traffic Estimation and Characterization for Mobile Communication Network Design," IEEE J. Select. Areas Communication Mag., Jun., 1998.
- [11] Volker Brass and Woldemar F. Fuhrmann, "Traffic Engineering Experience from Operation Cellular Networks," IEEE Communication Mag., Aug., 1997.
- [12] 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.
- [13] S. A. El-dolil, W. Wong and R. Steele, "Teletraffic Performance of Highway Microcells with Overlay Macrocell," IEEE J. Select. Areas Commun., Jan., 1989.
- [14] G. J. Foschini, B. Gopinath and Z. Miljanic, "Channel cost of mobility," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.42, pp.414-424, Nov., 1993.
- [15] M. Inoue, H. Morikawa and M. Mizumachi, "Performance Analysis of Microcellular Mobile Communication systems," map" IEEE Veh. Technol. Conf., pp.135-139, Jun., 1994.
- [16] 도철웅, "교통공학원론(상)", pp.59-61.
- [17] M. M. Zoononzi, R. Dassanayake, "User Mobility modeling and Characterization of Mobility Patterns," IEEE J. Select. Areas Commun., Sep., 1997.
- [18] Vijay K. Grag, Kenneth Smolik and Joseph E. Wilkes, "Applications of CDMA in Wireless/Personal Communications," Prentice Hall PTR, pp.140-143, 1997.
- [19] Telecommunications Industry Association, "TR-45 Mobile Station - Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System," Ballot Version, pp.6-70~72.

윤 영 현

e-mail : yhyoon@mail.mjc.ac.kr

1989년 전북대학교 컴퓨터공학과

1994년 고려대학교 전자공학과 공학석사

2000년 고려대학교 전자공학과 공학박사

1989년~1991년 대우통신 기술부

1991년~2001년 SKC&C 기술연구소 과장

2002년~현재 명지전문대학 정보통신과 조교수

관심분야 : 멀티미디어 라우팅, Active Network, 무선망, 지능망

김 상 복

e-mail : sbkim@anybil.com

1992년 한양대 경영학과(경영학사)

2004년 선문대 일반대학원 전자계산학과

재학

1992년 대우정보시스템 기술기획

2000년~현재 애니빌 대표이사

관심분야 : 무선인터넷 저작도구 및 솔루션, 모바일 임베디드

이 정 배

e-mail : jblee@sunmoon.ac.kr

1981년 경북대학교 전자공학과 전자계산
전공 공학사

1983년 경북대학교 대학원 전자공학과
전자계산전공 공학석사

1995년 한양대학교 대학원 전자공학과
정보통신전공 공학박사

1982년~1991년 한국전자통신연구원 선임연구원

1991년~2002년 부산외국어대학교 컴퓨터·전자공학부 부교수

2002년~현재 선문대학교 컴퓨터정보학부 부교수

관심분야 : 실시간 시스템, 임베디드 시스템, 실시간 통신 프로토콜

이 성 철

e-mail : sclee@chol.co.kr

2001년 고려대 전자공학과 박사

2001년~2002년 한국과학기술연구원 위촉
선임연구원

2002년~현재 명지전문대학 정보통신과
조교수

관심분야 : 광고환, 광전송망, 네트워크