이동통신 네트워크 트래픽 모델을 위한 도시 지역 이동통신 트래픽 특성 분석

윤 영 현†

요 약

오래 전부터 이동통신 서비스를 위한 통신 프로토콜이나 기능 요소들의 성능을 평가하기 위해서는 분석적 방법, 시뮬레이션 및 평가적 방법이 이용되어 왔다. 이중 시뮬레이션을 통한 평가 방법은 시스템 내부 구성 요소들의 연관 관계가 매우 복잡한 시스템을 테스트하는데 유용하게 사용되고 있으며, 이를 위해서는 이동통신 통화 특성을 반영하는 텔레트래픽 모델을 제시하고 있어야 한다. 텔레트래픽 모델은 일반적으로 트래픽 소스 모델과 네트워크 트래픽 모델로 구성되어 있으며, 본 네트워크 트래픽 모델을 정의하기 위해 요구되는 실제 기지국 통화량 자료를 수집하고 분석한 결과를 제공하기 위한 것이다. 본 논문에서는 서울시를 상업, 주거, 준공업, 그리고 녹지 지역으로 되어 있는 도시계획 용도지역으로 구분하고, 여기에 설치되어 있는 기지국으로부터 실제 데이터를 시간대별로 수집하였다. 수집된 자료를 이용하여 각 지역별 기지국의 시간대별 통화량 분포와 최대 및 최소 발생 호 수 등을 제시하였다. 분석 결과는 보다 더 정확한 이동통신 네트워크 트래픽 모델을 정의하거나, 기존 이동통신 시뮬레이션 과정에서의 입력 자료로 사용할 수 있다.

Analysis of Network Traffic with Urban Area Characteristics for Mobile Network Traffic Model

YoungHyun Yoon†

ABSTRACT

Traditionally, analysis, simulation and measurement have all been used to evaluate the performance of network protocols and functional entities that support mobile wireless service. Simulation methods are useful for testing the complex systems which have the very complicate interactions between components. To develop a mobile call simulator which is used to examine, validate, and predict the performance of mobile wireless call procedures must have the teletraffic model, which is to describe the mobile communication environments. Mobile teletraffic model is consists of 2 sub-models, traffic source and network traffic model. In this paper, we analyzed the network traffic data which are gathered from selected Base Stations (BSs) to define the mobile teletraffic model. We defined 4 types of cell location-Residential, Commercial, Industrial, and Afforest zone. We selected some Base Stations (BSs) which are represented cell location types in Seoul city, and gathered real data from them. And then, we present the call rate per hour, call distribution pattern per day, busy hours, loose hours, the maximum number of call, and the minimum number of calls based on defined cell location types. Those parameters are very important to test the mobile communication system's performance and reliability and are very useful for defining the mobile network traffic model or for working the existed mobile simulation programs as input parameters.

키워드 : 이동통신(Mobile), 시뮬레이터(Simulator), 트래픽 모델(Traffic Model)

1. 서 론

최근 등장하는 무선 멀티미디어 서비스를 실제로 서비스하기 위해서는 이를 구성하는 모든 구성 요소들의 필드테스트가 요구되나, 아직 주변 환경이 구축되지 못한 상황에서 필드테스트를 수행하는 것은 불가능하다. 따라서, 기존 시스템을 보완하거나 새로이 개발되는 통신서비스의 테스트를 위해서는 실제 환경과 유사한 환경을 제공해 주는 시뮬레이션을 필요로 한다[1, 2]. 이러한 시뮬레이션 결과의 정확성은 테스트가 수행된 시뮬레이션 환경이 실제 환경과 얼마나 유사한지가 대단히 중요한 요소로 작용하게 되므로, 실제 환경이 충분히 고려된 이동통신 서비스 모델의 개발은 매우 중요한 일이다.

네트워크 성능 측정과 디자인을 위해서는 통신 네트워크 상에서 정보의 전달과 전송의 모든 현상을 나타내야 하며, 이를 텔레트래픽 모델(Tele-traffic Model)이라고 한다[3]. 따라서, 이동통신을 위한 텔레트래픽 모델은 좋은 품질의 이동통신 서비스를 제공하기 위하여 요구되는 적절한 이동

† 정 회 원 : 명지전문대학 정보통신과 교수
논문접수 : 2003년 4월 1일, 심사완료 : 2003년 6월 30일

통신 네트워크 자원의 용량 및 성능을 예측하고, 단말기의 공간과 시간적인 이동성에 적합한 모델이어야 한다[2].

일반적으로 이동통신 텔레트래픽 모델은 2가지 하부 모델로 나누어 정의한다[4]. 첫째는 트래픽 소스 모델(Traffic Source Model)로써 이동성 모델(mobility model)이라고도 하며 이동 단말에 의한 사용자 이동성 정보를 포함하고 있다. 둘째는 네트워크 트래픽 모델(network Traffic Model)로써 기지국이나 교환기와 같이 움직임이 없는 네트워크 요소로부터 측정된 트래픽 정보를 포함하는 것으로, 이동통신 서비스에서 시간과 공간의 변화에 따라 이동통신 트래픽의 변화를 모델링하는 것을 의미한다[4].

본 논문은 한국적 상황에 맞는 네트워크 트래픽 모델을 정의하기 위해 요구되는 기지국 트래픽 정보를 실제 운영중인 기지국으로부터 수집하여 분석한 결과를 제공하고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 전국에 설치되어 운영중인 수 많은 기지국 중에서 가장 많은 네트워크 트래픽이 발생하는 대표적인 도시 지역인 서울시의 여러 지역을 지역 특성에 따라 분류하고, 각 지역을 대표하는 기지국을 선정하여 선정된 기지국으로부터 최근 2개월간의 실제 통화량을 매 시간별로 수집하여 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 텔레트래픽 모델 및 네트워크 트래픽 모델을 위한 기존 연구의 장,단점을 분석하고, 3장에서는 네트워크 트래픽의 공간적 분석을 위해 선정된 기지국들의 환경 특성에 대하여 설명한다. 4장에서는 네트워크 트래픽의 시간적 분석을 위해 수집된 자료를 기지국의 시간별 특성에 따라 분석하고, 5장에서는 3장과 4장에서 분석된 공간 및 시간적 분석 결과를 통합한 분석 결과를 제시한다. 6장에서는 본 논문에 대한 결론과 향후 연구 방향에 대해서 설명한다.

2. 기존 연구

통신 시스템에서의 각종 성능 예측을 위한 텔레트래픽 모델로는 예전부터 Poisson arrival과 Exponential call holding 시간을 가정한 텔레트래픽 모델이 사용되어 왔다[5, 6]. Poisson 분포에 의존한 예전의 텔레트래픽 모델은 circuit-switched 전화망을 디자인하고 분석하는데 아주 유용하게 사용되었으나, 랜(LAN)과 랜을 연결하는 고속 packet-switched 네트워크와 같이 복잡한 통계적 특성을 가지고 있는 네트워크에 적용하기에는 매우 부적합하다. 따라서, TELPACK과 SMAQ에서는 Poisson 분포로는 표현하기 어려운 최근의 네트워크 환경에 적절한 큐잉 이론을 활용한 텔레트래픽 모델을 제시하고 있다[5-8]. 반면, SUMATRA 등에서는 큐잉 이론에 근거한 텔레트래픽 모델이 아닌 실제 이동통신 서비스 환경에서 발생되는 각종 실측 자료를 분석하여 이를 특성별로 분류한 모델을 제시하고 있으나, 특정 지역의 제한적인 서비스 특성만이 반영되어 있다는 단점이 있다[4, 9-11].

네트워크 트래픽 모델을 위한 기존 연구로는 K. Tutschku가 이동통신망을 설계하기 위하여 공간 변화에 따른 네트워크 트래픽의 특성을 분석하고 예측한 모델을 제시하였으나, 이 모델에는 공간에 대한 개념이 있었지만 시간적 변화에 따른 트래픽의 변화를 표현하지 못한다는 단점이 있다[4]. SUMATRA(Stanford University Model Activity TRAces)[10]에서는 네트워크 트래픽 모델의 시간적 분석을 위하여 캘리포니아만 연안의 이동통신 서비스 사용을 시간대별로 분석하였으며, 특히 주거 지역과 상업 지역의 출퇴근 시간대에 발생되는 통화 특성을 분석하였다. 또한, 공간적 분석을 위하여 캘리포니아만 연안을 크게 3가지 지역(zone)으로 구분한 것과 미국 내 주요 도시들간의 이동 인구 및 국제 공항에서의 이동 인구에 의한 통화 특성을 분석하여 Metropolitan, National, 그리고 International Mobility로 제시하였다. SUMATRA에서 제시한 네트워크 트래픽 모델은 한국이 아닌 외국의 통화량 정보를 바탕으로 한 것으로써 이를 그대로 한국적 이동통신 상황에 적용할 수 없으므로, 한국적 상황에 맞는 네트워크 트래픽 모델을 정의하기 위해서는 실제 기지국의 통화량 자료를 수집하고 분석하는 작업이 선행되어야 한다.

3. 네트워크 트래픽 모델을 위한 공간적 분석

본 논문을 위하여 전국에 산재해 있는 이동통신 기지국의 통화량 정보를 수집한다는 것은 불가능하므로, 이동통신 서비스에서 대부분의 트래픽이 발생하는 도시 지역의 공간적 특성을 대표하는 기지국을 임의 선정하여, 선정된 기지국으로부터 네트워크 트래픽 자료를 수집하여 분석하고자 한다.

기지국을 위한 공간적 의미를 위하여 MobSim[12]에서는 모든 셀들이 같은 크기와 특성을 갖고 있으며 같은 량의 네트워크 트래픽이 발생한다고 가정하였지만 실제로는 그렇지 않다[13]. 기지국은 이동통신 서비스를 위해 지역적 특성이 서로 다른 도심 상업 지역 또는 주택가 한군데에 설치되기도 하고, 주말을 위한 공원에 설치되기도 한다. 즉, 같은 시간이라 해도 지역 특성에 따라 어떤 지역에서는 상당히 많은 트래픽이 발생하고, 어떤 지역에서는 트래픽이 거의 발생하지 않을 수도 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 차이에 대한 근거를 도시 지역에 적용되어 있는 도시계획을 참고하여 공간적 구별을 하기로 한다.

우리나라의 각 도시에서는 해당 도시 공간을 체계적으로 활용하기 위한 도시계획이 설립되어 운영되고 있다. 우리나라의 도시계획은 국토이용관리법과 도시계획 개념에 다양하게 세분화되어 있지만, 실제적으로는 <표 1>에서 보인

바와 같이 주거 지역, 상업 지역, 준공업 지역과 자연녹지 지역이 전체 도시 지역의 대부분을 차지하고 있다[14, 15]. 따라서 본 논문에서는 서울시를 주요 도시계획 용도지역인 주거, 상업, 준공업과 녹지 지역으로 분류하고 이를 대표하는 기지국을 선정하여 실제 통화량 정보를 수집하였으며, 자료의 정확성을 위하여 통신 장애 또는 운영 상의 이유로 발생된 일부 이상 자료는 제외시켰다.

본 논문을 위한 기지국 선정 기준은 서울시의 각 도시계획 지역을 대표하고 선정된 기지국이 2개 이상의 용도 지역에 겹쳐 있을 경우에는 해당 용도 지역에 맞는 통화 특성을 분석할 수 없게 되므로, 서울시 도시계획 지도[16]를 활용하여 용도 지역이 겹치지 않는 지역에 설치되어 있는 기지국을 선정하였다. <표 1>은 서울시의 도시계획 용도지역과 선정된 기지국이다.

〈표 1〉 선정된 서울 시내 지역 구분 및 특성

지역 구분	기지국 수	선 정 지 역
주 거 지역	6	목동 지역 2개소, 중계동 지역 2개소, 중곡동 지역 2개소
상 업 지역	7	강남역, 종로 5가, 여의도 지역 2개소, 서울역, 영등포역, 용산역
준공업 지역	4	문래동, 성수동, 구로동 지역 2개소
녹 지 지역	5	수색 지역 2개소, 남산 주변 3개소

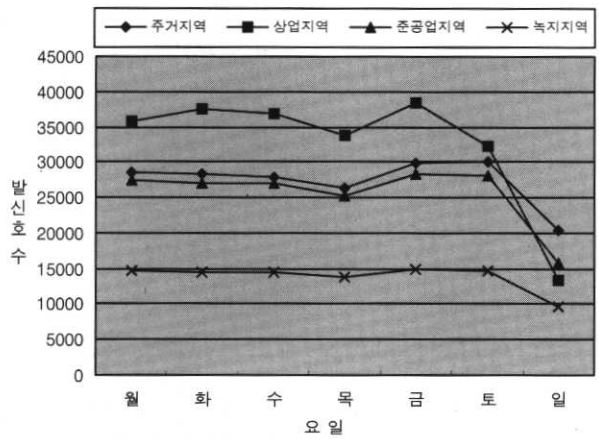
4. 네트워크 트래픽 모델을 위한 시간적 분석

각 지역에 설치되어 있는 기지국은 하루 24시간 해당 지역에 대한 네트워크 트래픽을 전담하여 서비스하고 있으며, 하루 중 시간대에 따른 이동통신 트래픽이 발생한다고 예측할 수 있다. 따라서, 선정된 기지국으로부터 최근 2개월간의 통화량 정보를 요일 및 시간에 따라 수집하여 시간 변화에 따른 트래픽 특성을 분석하였다.

4.1 요일별 네트워크 트래픽 분석

이 절에서는 도시계획 용도지역별 통화량 정보에 대한 요일별 호 발생 특성을 분석하기 위한 것이다. 이를 위하여 (그림 1)에서는 월요일에서 일요일까지의 지역별 트래픽 발생 수를 나타내었다.

(그림 1)에서는 네트워크 트래픽이 용도 지역과 요일에 따라 많은 차이가 있음을 보여주고 있다. 상업 지역에서의 트래픽은 지역 특성으로 주중인 월요일에서 금요일까지 집중되고 주말에는 호의 발생이 급격히 줄어 일요일에는 주거 지역보다 적은 트래픽이 발생된다는 것을 보여주고 있다. 이러한 특성은 상업 지역의 주중 근무 시간대에 유입되는 유동인구에 의한 영향으로 판단된다. 반면, 주거 지역인 경우에는 상업 지역에 비하여 업무 요일에 의한 트래픽 감소 현상이 발생하지 않고 있으며, 휴일에는 상업 지역보다 많은 트래픽이 발생되고 있음을 보여 주고 있는데, 이는 이동통신 사용자의 주중 이동 성향을 보여주고 있다.



(그림 1) 용도 지역의 요일별 발생 호 수

(그림 1)에서 보이는 바와 같이 용도 지역의 요일별 트래픽 발생량에서 주중인 월요일에서 금요일까지는 큰 변화가 없으므로, 네트워크 트래픽 모델을 단순화시키기 위하여 요일별 분류를 월요일에서 금요일까지인 주중으로 단일화하고, 토요일 및 일요일로 구분하여 용도 지역과 요일에 따른 네트워크 트래픽의 상관관계를 <표 2>에 나타내었다. <표 3>은 용도 지역별로 발생되는 통화량을 비교한 것이다.

〈표 2〉 도시계획 용도지역의 요일별 통화율($D_{(a,j)}$)

j \ a	주거 지역	상업 지역	준공업 지역	녹지 지역
주 중 (월~금)	0.74 (0.148)	0.80 (0.16)	0.76 (0.152)	0.75 (0.15)
토 요 일	0.16	0.14	0.16	0.15
일 요 일	0.11	0.06	0.09	0.10

〈표 3〉 도시계획 용도지역별 주간 통화량 비교(T_a)

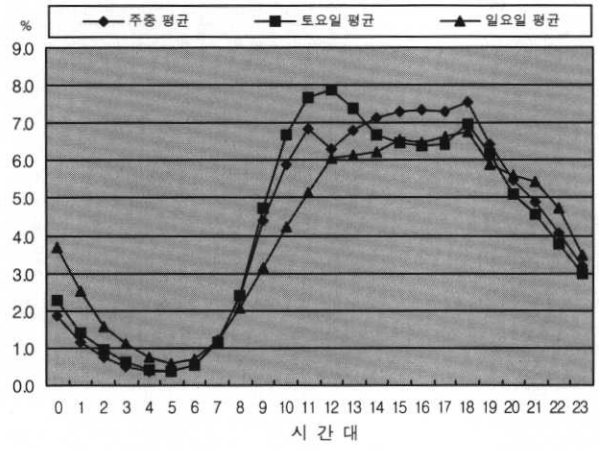
T_a \ a	주거 지역	상업 지역	준공업 지역	녹지 지역
통화량비율	1 (188,692)	1.32 (249,041)	1.02 (191,557)	0.58 (109,552)

<표 3>은 각 지역별 기지국에서 일주일 동안 발생되는 평균 통화량으로써, 주거 지역에 설치되어 있는 기지국에서는 일주일동안 평균 188,692개의 트래픽이 발생하며, <표 2>를 통하여 주거 지역에서 발생되는 호 중에 74%인 139,632개의 트래픽이 주중에 발생된다. 또한, 주중의 상업 지역에서는 주거 지역에서 발생되는 트래픽의 1.32배인 249,041개의 트래픽이 발생되고, 월요일에서 금요일까지는 매일 전체의 16%인 39,847개의 트래픽이 발생된다는 것을 알 수 있다. (그림 1)과 <표 2>에서 얻을 수 있는 결과로는 기지국이 설치되어 있는 지역과 요일에 따라 서로 다른 통신 부하가

기지국에 가해진다는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 이용하여 이동통신 자원을 기지국이 설치된 지역과 요일별 트래픽 특성에 따라 재분배하거나 재활용하는 동적 시스템 운영이 가능할 것이다. 대표적인 예로 이동전화의 특정 요일 통화 요금 할인 서비스는 이러한 특성을 이용한 것이다.

4.2 시간대별 네트워크 트래픽 분석

이 절에서는 각 지역의 기지국에서 발생되는 네트워크 트래픽을 하루 중 시간대별로 분석하고자 한다. 이를 위하여 (그림 2)에서는 지역에 무관하게 요일별 시간대에 따른 통화량 발생 분포를 나타내고 있다.

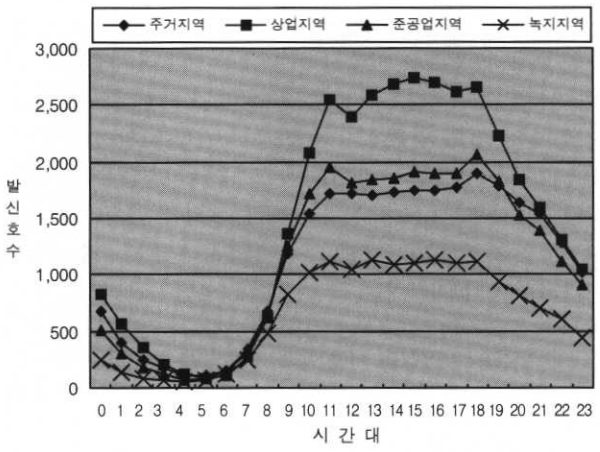


(그림 2) 요일별 시간대에 따른 네트워크 트래픽

(그림 2)를 통해 네트워크 트래픽이 요일과 시간대에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다. 주중에는 18시경에 가장 많은 네트워크 트래픽이 발생하나, 토요일에는 12시경에 가장 많은 네트워크 트래픽이 발생하고 있다. 이는 직장인들의 일반적인 퇴근 시간대와 일치하고 있어, 일반인들의 생활 행태와 네트워크 트래픽의 변화가 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

(그림 3)은 각 용도 지역의 주중 시간대별 발신호 수의 평균을 나타낸 것이다.

(그림 3)에서와 같이 네트워크 트래픽은 기지국이 설치된 지역과 하루 중 시간대에 따라 많은 차이가 있음을 보여주고 있다. 상업 지역에서 발생되는 트래픽의 특성은 (그림 3)에서와 같이 오후 업무 시간대에 트래픽이 집중되고 있으며 퇴근 시간 이후의 트래픽은 다른 지역에 비하여 급속히 감소하고 있음을 보여 주고 있다. 이러한 현상은 업무 시간에는 외부 지역에서 상업 지역으로 많은 유동인구가 유입되어 업무를 위한 많은 네트워크 트래픽이 발생하다가, 퇴근 시간 이후에는 많은 유동인구가 다른 지역으로 유출되어 퇴근 시간 이후의 네트워크 트래픽이 급격히 감소하면서 주거 지역과 비슷한 통화량을 발생하게 된다. 즉, 상업 지역에서의 통화는 상업 지역내에 거주하는 인구보다 외부에서 거주하며 상업 지역으로 출퇴근 시간에 이동하는 유동인구에 의하여 결정됨을 알 수 있다. 준공업 지역도 상업 지역과 유사한 시간대별 서비스 특성을 보여주고 있다. 반면, 주거 지역과 녹지 지역은 상업 지역에 비하여 시간대에 따른 통화량의 변화가 적게 나타나고 있다.



(그림 3) 도시계획 용도지역의 시간대별 발신호 수

<표 4>는 식 (1)를 이용하여 각 용도 지역의 주중 시간대별 통화량 분포와 일일평균통화량, 시간대별 평균 통화량 및 표준편차와 이후에 설명하게 될 최빈시간대와 최번시간대를 바탕색으로 나타낸 것이다. 식 (1)에서 $Hw_{(a,i)}$는 해당 지역의 시간대별 통화율이며 $B_{(a,j)}$는 해당 지역의 시간대별로 실제 발생한 통화량이다.

$$Hw_{(a,i)} = \frac{\boldsymbol{B}_{(a,i)}}{\sum_{j=0}^{j=23} \boldsymbol{B}_{(a,j)}} \quad (a = 1 \cdots 4, \quad i = 0 \cdots 23) \quad (1)$$

(그림 3)과 <표 4>에서 얻을 수 있는 결과로는 예측한 대로 이동통신 서비스 부하는 지역 및 시간대에 따라 다르게 적용된다는 것을 알 수 있다. 이를 이용하여 이동통신 사업자들은 할인시간대 및 심야시간대를 두어 통화 요금을 할인해 주는 요금정책을 사용하고 있다.

시간적 변화에 따른 통신 부하를 측정함으로써 얻을 수 있는 또 다른 중요한 변수는 최빈시간대와 최번시간대이다. 이는 안정적인 이동통신 서비스를 위하여 일정 시간동안 기지국에 가해질 수 있는 최대 트래픽 처리 능력을 예측함으로써 계속되는 통신 부하가 집중되는 상황에서 이동통신 서비스의 안정도를 측정하는데 사용되고 있다.

이동통신 서비스에서 최빈시간대는 이동통신 시스템에서 하루중 가장 많은 이동통신 서비스가 요구가 되는 시간대로써, 기지국 및 교환시스템에 일정량 이상의 통신 부하가 일정 시간동안 지속되는 것을 의미한다. 최번시간대는 최빈시간대의 반대로써 하루 중 가장 적은 이동통신 서비스 부하가 가해지는 시간대로써, 이 시간대를 이용하여 각종 교환

〈표 4〉 용도 지역의 주중 시간대별 통화량 분포($HW_{(a,h)}$)

(단위 : %, Call)

h \ a	주거 지역 (1)	상업 지역 (2)	중공업 지역 (3)	녹지 지역 (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	27,924	39,851	29,120	16,433	28,332
시간대 평균통화량	1,163	1,660	1,213	685	
표준편차	698	1,143	800	445	

시스템의 정비 및 유지보수를 위한 시간대로 활용하고 있다.

최빈시간대를 구하는 방식은 네트워크 트래픽이 가장 많이 발생될 때의 통화량(NCB : Number of Calls at the Busy hour)을 선정하고, NCB의 90% 이상의 통화량이 발생하는 시간대를 최빈시간대로 정하여 평균 통화량을 구한다. 반면에 최번시간대는 가장 적은 네트워크 트래픽이 발생하는 시간대의 통화량(NCL : Number of Calls at the Loose hour)을 선정하고, NCL의 110% 이하의 통화량이 발생하는 구간을 최번시간대로 정하여 평균 통화량을 구한다. <표 4>에 바탕이 칠해진 부분과 <표 5>에서는 지역별 기지국의 최빈 시간대와 최번시간대를 나타내는 특성 값이다.

예를 들어, 상업 지역의 이동통신 서비스를 지원하는 장비를 테스트하기 위해서는 시간당 3,045개의 통화를 5시간 동안 지속적으로 발생시켜 테스트하고자 하는 장비가 정상적으로 동작하는지를 확인해야 한다.

〈표 5〉 도시계획 용도지역별 최빈/최번시간대와 평균 호 수

특성값 / 용도 지역	최빈시간대	최빈시간대 평균 통화량	최번시간대	최번시간대 평균 통화량
주 거 지역	14 : 00 ~19 : 00	2,156	05 : 00 ~06 : 00	101
상 업 지역	13 : 00 ~18 : 00	3,045	05 : 00 ~06 : 00	88
준공업 지역	15 : 00 ~18 : 00	2,132	04 : 00 ~05 : 00	70
녹 지 지역	13 : 00 ~18 : 00	1,188	04 : 00 ~05 : 00	51

4.3 불 완료율

이동전화 서비스 환경을 위한 또 다른 중요한 성능 요소는 사용자가 통화중에 통화가 절단되는 호 불완료율이다. 통화중 호 절단은 사용자가 통화중에 이동하면서 발생되는 여러 가지 전파 장애로 인하거나, 또는 핸드오프시에 핸드오프 목적 기지국에 사용자를 서비스할 수 있는 채널이 확보되어 있지 않은 경우 등이다[17, 18]. 따라서, 이동전화 호를 시뮬레이션하기 위해서는 호 절단 확률이 매우 중요한 요소이다.

<표 6>은 실제 기지국에서 위에 열거한 여러 가지 요인으로 발생한 호 불완료율이다. 이를 이용해 시뮬레이션에서 발생되는 호에 대해 정상적으로 완료되는 호와 비정상적으로 완료되는 호를 추정할 수 있다

〈표 6〉 도시계획 용도지역의 요일별 통화 불완료율(F_a)

(단위 : %)

요 일	주거 지역	상업 지역	준공업 지역	녹지 지역	평 균
월	2.06	1.60	1.57	3.17	1.91
화	1.85	1.61	1.44	2.24	1.69
수	1.87	1.60	1.55	2.13	1.74
목	1.64	1.66	1.58	2.01	1.67
금	1.69	1.73	1.56	2.44	1.76
토	1.81	1.55	1.52	2.65	1.73
일	1.77	1.47	1.38	4.12	1.93
평 균	1.81	1.60	1.51	2.68	1.99

<표 6>에서 보인 바와 같이 통화 불완료율은 도시계획 지역 및 요일과 거의 무관하게 나타나고 있다. 특이한 점은 통화 발생 건수가 상대적으로 적은 녹지 지역의 통화 불완료율이 다른 지역에 비하여 높다는 것이다. 이는 이동통신 사용자들이 통화중에 기지국 통화 반경을 벗어나거나, 숲이 많은 녹지 지역의 특성으로 인한 전파 방해로 발생될 수

있다. 그러나, 이번 조사 대상 지역은 숲이 많이 우거진 녹지 지역이 아니므로, 기지국 통화 반경과 밀접한 관계가 있을 것으로 판단된다. 결국, 녹지 지역에는 이동통신 서비스를 필요로 하는 상주 및 유동 인구가 다른 지역에 비해 적으므로, 이동통신 서비스를 위한 기지국이 적게 설치되어 있는 이유로 분석되어진다.

5. 시간 및 공간적 분석

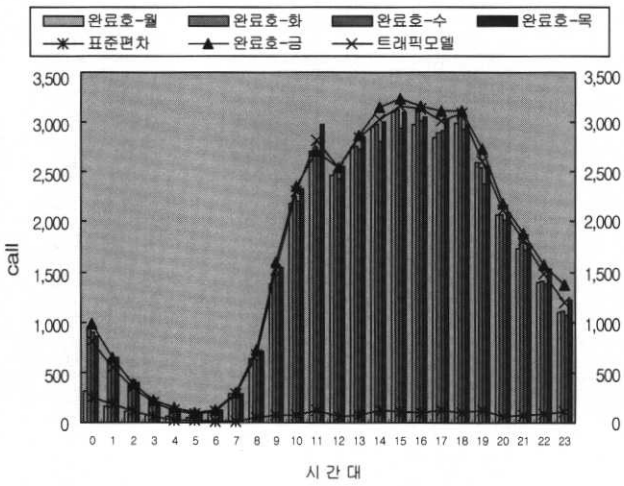
이 절에서는 3장과 4장에서 분석한 결과를 이용하여 선정된 기지국의 도시계획 용도지역에 따른 공간적 개념과 요일 및 시간대에 따른 시간적 개념을 포함한 분석 결과를 제시한다. 이를 통하여 한국적 상황에 맞는 이동통신 시뮬레이터를 개발하기 위해 요구되는 네트워크 트래픽 모델을 정의하거나, 기존에 운영되고 있는 이동통신 시뮬레이터에 대한 입력 값으로 사용될 수 있도록 한다.

식 (2)는 앞에서 언급한 여러 가지 그림과 표를 이용하여 특정 용도 지역에서 시간별로 발생하는 네트워크 트래픽을 산출하기 위한 것이다. 식 (2)에서 Cs는 기준이 되는 주거지역의 1주간 평균 통화량을 나타내며, Ta는 <표 3>에 제시된 지역별 주간 통화량 비율을 나타내고, $D_{(a,j)}$는 <표 2>에서 제시한 각 용도 지역의 요일별 통화량 비율이며, Hw(a,i)는 <표 4>에서 제시한 각 용도 지역의 시간대별 통화량 비율을 나타내고 있다.

$$C_{(a,i)} = Cs \times T_a \times D_{(a,j)} \times Hw_{(a,i)} \quad a=1\cdots4,\ i=0\cdots23,\ j=1\cdots3 \tag{2}$$

예를 들어, 식 (2)의 Cs에 <표 3>에서 제시한 주거 지역의 1주간 평균 통화량인 188,692를 적용하여 생성된 상업지역의 주중 시간대별 평균 통화량 결과와 강남역 기지국의 주중 시간대별 통화량을 비교하여 (그림 4)에 나타냈다.

(그림 4)에서는 강남역 기지국의 월요일, 화요일, 수요일, 목요일의 시간대별 평균 트래픽을 막대그래프로 표시하였으며, 강남역의 금요일 통화량과 식 (2)를 이용하여 산출된 트래픽 발생 분포를 꺾은선 그래프를 이용하여 비교 표시하였다. (그림 4)의 아래 부분에는 식 (2)에서 산출된 자료와 강남역 기지국 자료의 표준편차를 시간대별로 표시하였다. 식 (2)에서 산출된 결과와 강남역 주중 시간대별 트래픽과의 꺾은선 그래픽가 유사하게 이동하고 있으며, 시간대별 표준편차가 12.3에서 121.8까지로 시간대별 평균통화량의 1%~10% 이내로 발생하고 있다. 이를 통해, 식 (2)에서 산출된 결과가 실제 서비스 환경과 유사한 네트워크 트래픽을 발생시킨다는 것을 알 수 있다. 보다 더 정확한 트래픽 데이터를 산출하기 위해서는 부록에 표시된 각 도시계획 용도지역의 시간대별 통화량 분포를 참조하여 해결할 수 있다. 따라서, 이동통신 서비스의 시뮬레이션을 수행하고자 할 때, 각종 시뮬레이터에 가해지는 트래픽 부하를 식 (2)를 이용하여 자동 생성하거나 사용자 입력으로 활용함으로써 시뮬레이션 결과의 정확성을 높일 수 있게 된다.



(그림 4) 주중 시간대별 실제 통화량과 트래픽 모델 통화량 비교

식 (3)은 식 (2)에서 얻어진 트래픽 부하와 <표 6>에 제시된 호 불완료율을 이용하여, 사용자의 이동통신 서비스가 아무런 장애 없이 완료되는 트래픽량을 계산하는데 사용할 수 있다. 식 (3)에서 $S_{(a,i)}$는 일정시간동안 사용자에 의해 발생된 네트워크 트래픽 중 정상적으로 종료된 트래픽 양이며, Fa는 <표 6>에서 제시된 용도 지역별 평균 호 불완료율이다.

$$S_{(a,i)} = C_{(a,i)} \times (1-Fa) \quad (i=0\cdots23) \tag{3}$$

6. 결 론

이동통신 서비스를 시뮬레이션하기 위해서는 이동통신 서비스 특성을 정의한 텔레트래픽 모델이 요구되며, 텔레트래픽 모델은 트래픽 소스 모델과 네트워크 트래픽 모델로 구성되어 있다. 본 논문은 보다 더 정확하게 예측 가능한 네트워크 트래픽 모델을 정의하기 위해 실제 운영중인 이동통신 기지국에서 관련 정보를 수집하여 분석한 결과를 제시한 것이다.

본 논문에서는 전국에서 운영중인 수 많은 기지국 중에서 대부분의 통신 서비스가 이루어 지는 도시 지역중 대표적인 서울시를 도시계획 용도지역 구분에 따라 주거, 상업, 준공업 및 녹지 지역으로 구분하고, 이 곳에 설치되어 있는 기지국의 트래픽 정보를 2개월 동안 수집하여 시간 변화에 따라 분석하였다. 이를 통해 효과적인 네트워크 트래픽 모델을 정의하기 위해 요구되는 공간과 시간적인 변화에 따

른 네트워크 트래픽 분석 정보를 제시하였다.

본 논문에서는 선정된 기지국으로부터 수집된 트래픽 자료를 요일 및 시간대별로 분석하여, 이동통신 시뮬레이션을 위해 요구되는 공간 및 시간적 변화에 따른 특성값과 최빈 시간대, 최번시간대, 최대 및 최소 발생 호 수, 그리고 호 불완료율을 제시하였다. 또한, 구해진 특성 값들을 활용하여 도시 지역의 시간대에 따른 네트워크 트래픽을 예측할 수 있도록 하였으며, 이를 이용하여 생성한 결과와 실제 기지국의 트래픽 정보를 비교 분석하였다.

본 논문에서 제시한 분석 결과는 실제 환경과 유사한 이동통신 시뮬레이터를 만들기 위해 요구되는 네트워크 트래픽 모델을 정의하는데 활용되거나, 기존 시뮬레이터의 입력값으로 직접 사용함으로써 시뮬레이션 결과의 정확성을 높일 수 있다. 그러나, 서울시라는 제한된 지역이란 점과 도시계획 용도지역이 겹쳐있지 않은 지역만을 선정하여 트래픽 자료를 수집하고 분석했다는 단점이 있다.

향후에 추가적으로 고려해야 할 요소는 교통분야에서 활용되는 주간활동인구 및 유동인구로써 이를 통해 인구 이동에 따른 네트워크 트래픽 변화 예측이 가능해 질 수 있을 것이다. 또한, 서울 이외 다른 지역의 네트워크 트래픽 분석과 여러 용도 지역이 겹쳐있는 환경의 네트워크 트래픽을 수집하고 분석하여 한국적 이동통신 서비스 환경에 맞는 네트워크 트래픽 모델을 정의하기 위한 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] D. Grillo, F. U. Bordini, R. A. Skoog, S. Chia, K. K. Leung, "Teletraffic Engineering for Mobile Personal Communications in ITU-T Work : The Need to Match Practice and Theory," IEEE Personal Communication Mag., Dec., 1998.

[2] Bijan Jabbari, "Teletraffic Aspects of Evolving and Next Generation Wireless Communication Networks," IEEE Personal Communication Mag., Dec., 1996.

[3] P. E. Wirth, "The Role of Teletraffic modeling in the New Communications Paradigms," IEEE Communication Mag., Aug., 1997.

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

[5] Nail Akar, Nihat Cem Oguz and Khsrow Sohraby, "TELPLACK : An Advanced Teletraffic Analysis Package," IEEE Communication Mag., Aug., 1998.

[6] Hauro Akimaru and Konosuke Kawashima, "Teletraffic : Theory and Applications," Springet-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 Architectyre," 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] Volker Brass and Woldemar F. Fuhrmann, "Traffic Engineering Experience from Operation Cellular Networks," IEEE Communication Mag., Aug., 1997.

[10] Derek Lam, Donald C. Cox and Jeniffer Widom, "Teletraffic Modeling for Personal Communications Services," IEEE Communication, Feb., 1997.

[11] Derek Lam, Donald C. Cox and Jeniffer Widom, "Teletraffic Modeling for Personal Communications Services," http://www-db.stanford.edu/sumatra.

[12] Hannu Arvelo, "MobSim : A GSM Network Simulator," http://mordor.cs.hut.fi/tik-76.115/95-96/palautukset/Mobiili/pt/manual.htm.

[13] 김성윤, 황선호, 한영남, "CDMA 이동통신 시스템 무선망 시뮬레이터 및 성능 분석", Telecommunications Review, Vol.6, No.5.

[14] "국토이용관리법", http://www.assembly.go.kr/laws/law/law/d3/d302003.htm.

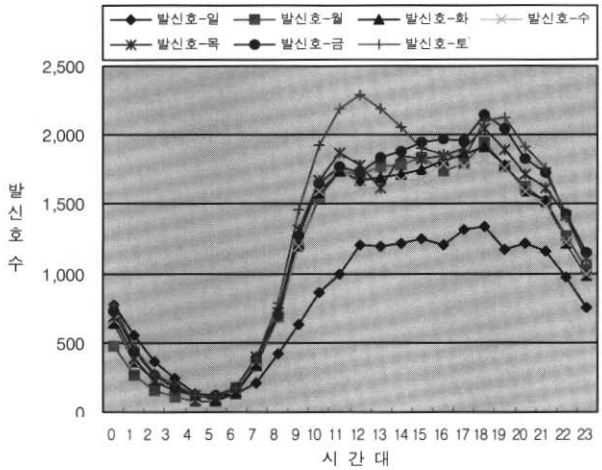
[15] "도시계획의 개념", http://www.tinc.co.kr/doc/adminy/ public/plan.txt.

[16] "Seoul urban planning geographic", 서울시 행정구역도, 1998.

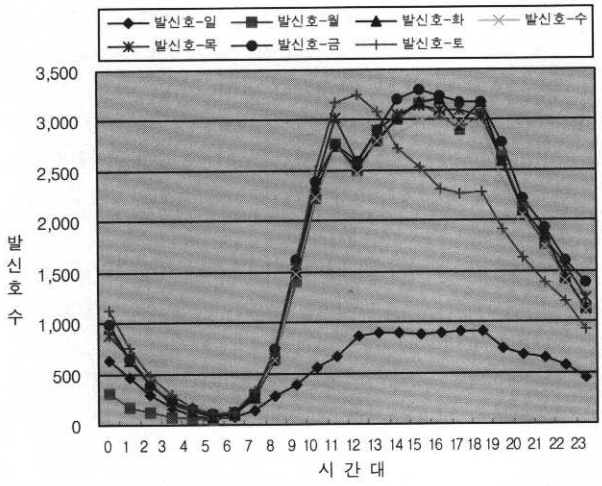
[17] TIA/EIA IS-41-C, "Cellular Radiotelecommunications Intersystem Operations," Jan., 1993.

[18] Wiiliam C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications, 2nd Edition," McGraw-Hill, 1995.

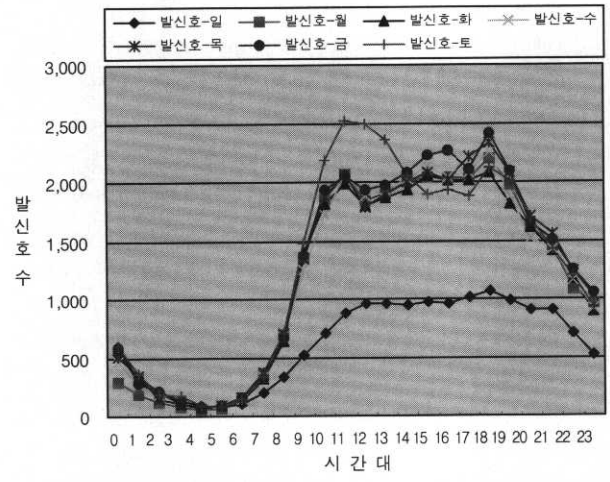
<부 록>



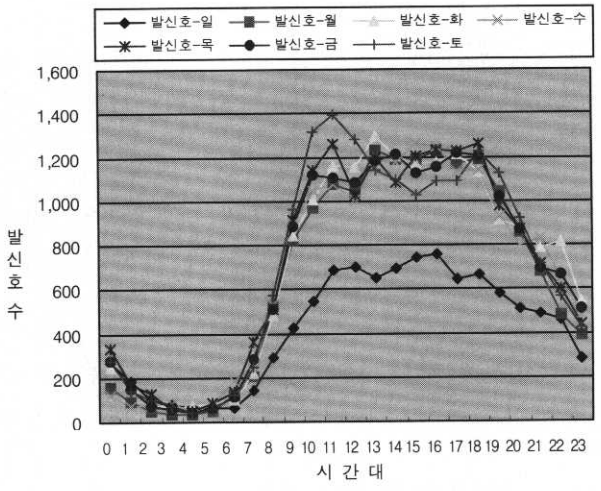
(부록 그림 1) 주거 지역의 시간대별 트래픽 변화



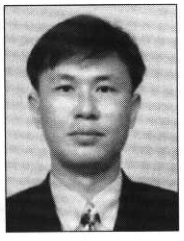
(부록 그림 2) 상업 지역의 시간대별 트래픽 변화



(부록 그림 3) 준공업 지역의 시간대별 트래픽 변화



(부록 그림 4) 녹지 지역의 시간대별 트래픽 변화



윤 영 현

e-mail : yhyoon2@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, 무선망, 지능망, PSP/TSP