

무선 네트워크 환경에서 이동 단말들의 불규칙한 요구 탐지를 위한 연구

추현승*, 윤희용*, 정민영*

A Study on Detecting Unexpected Demands of Mobile Users in Wireless Networking Environment

H. Choo, H.Y. Youn, and M.Y. Chung

Abstract

One of the key issues in mobile communication system is how to predict the number of calls per each cell. It is an important parameter and usually assumed as random Poisson value. For effective management of cellular network, the average number of calls should be traced and the changes in the numbers need to be promptly detected. In this paper we propose an algorithm detecting the changes in the demands of the users using the technique proposed for point-of-change problem based only on the number of call arrivals. Computer simulation reveals that the proposed method can effectively detect the discord, and the developed model is very accurate as showing mostly less than 1% differences.

1. 서론

최근 정보기술은 사용자의 편리를 위한 방향으로 개발되고 있다. 이 정보기술 네트워크 시대에 사용자들의 요구에 의해 이동 단말과 무선 통신은 중요한 역할을 갖는다. 특히 네트워크 설계를 위한 이동 네트워크의 주요 요소 중 하나는 각 셀에서 단위 시간당 콜 횟수에 대한 예측 기술이다[1]. 그 수는 주파수 채널의 수, 콜 블럭 확률과 이동 컴퓨팅에서 자원 관리의 많은 다른 중요한 문제들과 관련된다. 이동 단말 사용자의 행동이 고정된 상태를 가지면, 여러 기술들은[1] 효과적인 이동성 관리를 위해 이용될 수 있다.

만약 이동 단말 사용자의 수가 단순히 상수값의 블럭 확률로 모델링 된다면, 요구된 채널의 수는 쉽게 얻을 수 있다. 그렇지만, 우리가 알고 있는 것처럼 이동 단말 사용자의 행동과 그들의 이동은 동적으로 변화한다. 특히, 콜 횟수의 평균과 최대 수는 폭 넓게 변화한다. 만약 그 값들이 증가한다면, 콜 블럭 확률 또한 증가하게 되고 따라서 서비스의 질은 떨어지게 된다. 한편, 만약 그 값들이 감소한다면 서비스의 질을 동일하게 유지하는데 더 작은 양의 자원을 필요로 할 것이다. 그러므로 콜 횟수는 이동 네트워크에서 중요한 파라미터이다. 셀룰러 네트워크의 효과적인 관리를 위해서 평균 콜 횟수는 지속적으로 추적되어야 하고 그 수의 변화량은 신속히 탐지될 필요가 있다.

때때로 모델의 파라미터 값들이 알려진 경우의 콜 횟수를 계산하기 위해서 하나의 단순한 모델을 사용할 수 있다. 보통 콜의 요구는 확률적인 모델에 의해 나타나고, 콜 횟수는 사용자의 행동에 따라 결정되는 랜덤값이다.

사용자의 이동을 분석하기 위한 여러 가지 모델들이 [2, 3]에서 제안되었다. 그 모델들은 이동 단말 사용자의 속도, 이동의 방향, 이동 거리등과 같은 추가적인 정보를 요구한다. 많은 요소들이 시스템 성능에 영향을 미치기 때문에, 근사화 기술(approximation technique)이 모델링을 단순화하기 위해 이용된다. 예를 들어, 이동 단말 사용

자의 속도에 대한 균등분포 사용, 하나의 셀 네트워크를 정육각형들의 집합으로 근사화 하는 것 등이다. 그렇지만 사용자의 이동은 불규칙적이다. 그래서 단순화의 목적으로 이용된 가정들은 평균 콜 횟수에 대한 비현실적인 모델링을 야기 할 수 있다. 그러므로 본 논문은 단지 콜 횟수에 기반한 point-of-change 문제의 해법으로, 사용자들의 행동 변화를 탐지하기 위해서 제공된다.

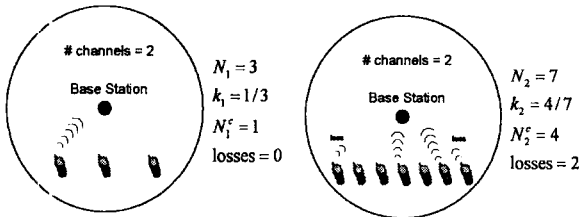
본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절은 기본적인 표기법과 이전의 기술을 제공한다. 포아송 분포에서 불일치 탐지의 주요한 알고리즘과 허용되는 시간 간격은 제 3절에서 보여준다. 제 4절에서 제안된 알고리즘으로 시뮬레이션 실험한 결과를 나타내고, 제 5절에서는 본 논문을 결론짓는다.

2. 관련연구

하나의 셀에서 요구되는 주파수 채널이나 트래픽 로드를 계산하기 위해서 우리는 단위 시간당 랜덤한 콜 횟수를 알아야 한다. N^c 는 요구되는 콜 횟수이고, N 은 하나의 셀에서 이동 단말 사용자의 총 수이며, L 은 사용자가 하나의 이동 단말기를 가질 확률이며, k 는 네트워크를 접속하고 있는 이동 단말 사용자의 확률이다. 그러면, $N^c = NLk$ 가 된다. 여기서, N 은 사용자들 사이의 평균 거리에 따라서, k 는 사용자의 이동 속도에 따라서 달라진다[1].

실제로, 한 이동 단말 사용자에 대한 체재 시간이 더 많아지면, 네트워크 접속 확률이 더 높아진다. 만약 트래픽 혼잡이 발생하면 인접한 이동 단말 사이의 평균 거리가 감소하게 되고, 따라서 체재 시간이 증가하게 된다. 그러므로 N 과 N^c 모두 증가하게 된다. 이러한 경우 사용자들을 위해 어느 정도 레벨의 서비스 질을 얻기 위해서는 더 많은 채널들이 요구된다. <그림 1>을 보면, N_i , k_i , N_i^c 는 위에서 설명된 파라미터들이고, 트래픽 혼잡의 이전 ($i=1$)과 그 이후

($i=2$)이다. 여기서 개개의 사용자는 하나의 이동 단말기 ($L=1$)를 가지고, 두 개의 채널이 하나의 셀에 할당되었다고 가정한다.



<그림 1> 트래픽 혼잡 이전과 이후의 손실

콜 횟수는 수학적 모델링에 의해 예측될 수 있다. 본 절에서는 사용자들의 행동을 모델링하기 위해 제안된 몇 개의 모델들을 설명한다. 그 기법들은 보통 이동 단말 사용자의 이동에 대한 어떤 규칙에 기반한다. [2, 4]에서 제안된 모델들은 사용자의 속도와 방향이 각 셀에서 동일하다고 가정한다. 그렇지만, 사용자의 이동은 보통 차이가 있고, 심지어 사용자의 방향과 속도에 대한 정보가 유용하지 않을 수도 있다. [5]에서, 저자는 이동 단말 사용자의 불규칙적인 이동을 고려하였다. 이동 단말 사용자의 미래 위치를 예측하기 위해 마코프 체인(Markov chain) 모델과 이동 패턴의 데이터베이스를 사용하였다. 이 기술은 퍼턴 데이터베이스가 없거나 쓸모없는 정보이면 작업을 하지 않는다. 한편, 현재 위치 정보를 기반으로 사용자의 행동을 예측하기 위한 하나의 기법기 [6]에서 고려되었는데, 이 기술은 비용이 많이 든다. 왜냐하면 매우 정확한 데이터 관찰이 필요한 동안에 이전의 정보는 사용되지 않기 때문이다. 뉴러-퍼지(Neuro-Fuzzy) 이론에 기반한 이동 예측 기술은 [3]에서 제공한다. 여기서 특별한 것은 사용자의 행동에 영향을 미칠 수 있고, 따라서 모든 이전의 정보와 규칙은 쓸모없어질 수 있다는 것이다.

우리는 이동 단말 사용자의 이동이 불규칙적이기 때문에 사용자의 행동을 예측하는 것이 매우 어렵다는 것을 안다. 그렇지만, 셀에서 하나의 랜덤값으로 콜 횟수를 관찰하고 분석할 수 있다.

만약 그 요구가 고정된다면, 우리는 한 분포에서 연속적인 랜덤값들을 얻게 된다. 그렇지 않으면, 콜 횟수에 대한 분포는 바뀔 수 있다. 보통 다음의 가정이 사용되는데, 여기서 단위 시간에 요구되는 콜 횟수(ξ)는 독립적이고 동일하게 분포된 포아송 랜덤값이다[7].

$$P(\xi = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, \quad k=0, 1, \dots \quad \text{식(1)}$$

트래픽 혼잡 이전에 콜 횟수는 파라미터 λ_1 을 가지는 포아송 분포이고, 트래픽 혼잡이 발생한 이후에는 비율 λ_2 를 가지는 포아송 분포이다. 분포 변화가 발생한 것을 알았을 때 그 순간을 정확한 인식을 통해 변화한 요구를 탐지하는 것이 필수이다. 그 탐지 문제는 point-of-change 문제 혹은 불일치 문제로써 알려져 있다. 그것은 매우 일반적인 문제이고[8, 9], 불일치의 순간과 알람 순간 사이의 시간을 최소화하는 것이 중요한 문제이다. 멀리 있는 한 채널의 자원은 유용하고 서비스의 질이 만족되며, 불일치 탐지를 위한 지연이 허용될 수 있다. 본 논문에서, 우리는 허용할 수 있는 지연을 가진 point-of-change 문제에 초점을 맞추고, 이 문제에 기반한 효율적인 기술을 제안한다.

3. 포아송 분포를 가지는 point-of-change 문제

3.1 문제 제시와 불일치 탐지 알고리즘

연구 중에 있는 독립적이고 연속인 랜덤값을 $\xi_i(i=1, 2, \dots)$ 라 하자. ξ_i 은 단위 시간에서 콜 횟수를 나타낸다. 불일치 이전에 대한, ξ_i 의 분포는 파라미터 λ_1 을 가지는 식(1)의 포아송 분포에 의해 구성된다. 콜의 흐름 밀도는 알려지지 않은 시간 t_D 에서 변화되는데, ξ_i 의 분포 파라미터가 λ_1 과 다르다는 것을 의미한다.

우리는 불일치 이후의 분포 파라미터를 λ_2 로 나타내고, 일반적으로 손실이 없다면 $\lambda_1 \leq \lambda_2$ 이라고 가정한다. 다른 경우에는 간단한 수정으로 쉽게 구성할 수 있다.

알람 시스템 관리자들은 불일치가 미리 시스템에서 발생하기를 바라고 요구한다. 알람의 시간을 t_A 라 하고, 허용되는 지연을 T 라고 설계하면, $t_D < t_A \leq t_D + T$ 일 때 불일치가 탐지되고, $t_A < t_D$ 일 때 false alarm 임을 알 수 있게 된다.

지금 우리는 불일치 탐지를 위해 다음의 알고리즘을 제안한다.

불일치 탐지 알고리즘

단계 1. 합의 계산 $S_T = \sum_{i=1}^T \xi_i$
 변수 S_T 는 포아송 분포를 나타낸다[10].

단계 2. 만약 $S_n > h$ 이면, 시스템은 알람을 울리고, 단계 5로 간다. 그렇지 않으면 다음 단계를 진행한다. 여기서 n 은 값 $T, T+1, \dots$ 을 가리킨다. h 는 알고리즘이 시작하기 전에 계산된 하나의 임계값이며 아래에서 자세히 다루어진다.

단계 3. 다음의 합의 계산된다.

$$S_n = S_{n-1} + \xi_n - \xi_{n-T}$$

여기서 $n = T+1, T+2, \dots$ 이고, S_n 은 T 시간 이후까지의 콜 횟수의 합을 나타낸다.

여기에서도 역시 변수 S_n 이 포아송 분포를 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 왜냐하면 S_n 은 독립적인 포아송 랜덤 변수들의 합이기 때문이다. 그러므로 ξ_i 의 분포 파라미터가 λ 이라면, S_n 의 분포 파라미터는 $n\lambda$ 가 된다.

단계 4. 단계 2로 가시오.

단계 5. 종료.

h 의 값은 불일치 탐지율과 false alarm 사이에서 교체를 결정한다. 예를 들어, 만약 $h=0$ 이면 불일치는 명확하게 탐지된다. 그러나 false alarm은 각 관찰에서 발생할 것이다. 만약 h 값이 높아진다면, false alarm은 거의 발생하지 않을 것이다. 그러나 불일치 탐지의 확률은 매우 낮아질 것이다.

제안된 방법의 기본적인 개념에 대하여 설명하면, 랜덤값 ξ_{n-T}, \dots, ξ_n 은 연구중에 있으며, 만약에 다음의 조건이 성립한다면 false alarm의 확률은 고정되어 있다고 할 수 있다.

$$P(S_n > h, n < t_D) \leq \alpha \tag{2}$$

여기서 α 는 false alarm의 범위를 나타내는 하나의 상수이다. 제안된 방법을 적용하기 전에 얼마나 자주 false alarm이 허용될 수 있는지 결정할 필요가 있다.

두번째 문제는 불일치 누락의 횟수이다. 만약 $S_n < h$ 이고 $n \geq t_D + T$ 이라면 불일치는 손실된다. 그러므로 누락될 확률은 다음과 같다.

$$P(S_n < h, n = t_D + T) \tag{3}$$

불일치 탐지 알고리즘의 성능을 위해서 식(2)를 고려하면서 식(3)의 확률을 최소화하는 것이 필요하다. 그것은 최적의 임계값 h_{opt} 를 구하여 해결할 수 있다.

정리 1. 제안된 방법에서 최적의 임계값을 구하는 식은 다음과 같다.

$$h_{opt} = \min \left\{ h : \sum_{k=0}^h \frac{(\lambda T)^k}{k!} > e^{\lambda T} (1 - \alpha) \right\} \tag{4}$$

따라서 누락될 확률은 아래와 같이 된다.

$$\sum_{k=0}^{h_{opt}} \frac{(\lambda_2 T)^k}{k!} e^{-\lambda_2 T}.$$

증명: 알고리즘의 단계 2를 보자. 결정 규칙은 참이지만, 불일치는 발견되지 않는다 ($n < t_D$). 그러므로 false alarm이 발생하고 S_n 은 파라미터 $T\lambda_1$ 를 갖는 포아송 분포를 갖게 되며, 양의 정수가 된다. 그러므로 h 가 양의 정수라고 가정할 수 있고 다음을 구할 수 있다.

$$P(S_n > h, n < t_D) = 1 - P(S_n \leq h, n < t_D) = 1 - \sum_{k=0}^h \frac{(\lambda_1 T)^k}{k!} e^{-\lambda_1 T} \leq \alpha.$$

따라서 식(2)의 값이 참이라면, 임계값은 아래의 집합에 속하게 된다.

$$\{h : \sum_{k=0}^h \frac{(\lambda_1 T)^k}{k!} \geq (1 - \alpha)e^{\lambda_1 T}\}. \quad \text{식(5)}$$

일반적인 손실이 없다면, 우리는 $t_D = 0$ 이라고 가정한다. 만약 $S_n < h$ 이고 $n \geq T$ 이라면 point-of-change의 누락이 발생한다. 제안된 방법의 목적은 식(2)의 상태에서 식(3)의 확률을 최소화하는 것이다. 그러므로 확률 $P(S_T < h)$ 을 최소화하는 것이 필요하다. h 는 식(5)의 집합으로부터 값을 얻을 수 있다. 만약 임계값이 감소한다면, 불일치 누락 확률이 감소하지만 false alarm의 확률은 증가하게 된다. 그래서 최적의 임계값은 식(5)의 집합에서 가능한 한 가장 작은 값이 되며 따라서 식(4)를 구하게 된다.

또한 다음의 부정을 통해 정리를 증명한다.

$$P(S_T \leq h_{opt}) = \sum_{k=0}^{h_{opt}} P(S_T = k) = \sum_{k=0}^{h_{opt}} \frac{(\lambda_2 T)^k}{k!} e^{-\lambda_2 T}.$$

다음의 정리는 뒤에서 필요로 한다.

정리 2. h_{opt} 는 λ_2 에 의존적이지 않다. 즉, 불일치 이후의 분포는 최적의 임계값에 영향을 미치지 않는다.

증명은 식(4)에서 직접적으로 확인할 수 있다.

3.2 불일치 이후의 변화되는 파라미터

불일치 이후에 분포 비율은 앞에서 정의한 것처럼 고정된 λ_2 이다. 때때로 포아송 분포는 랜덤값 ξ_{t_D+1} 은 비율 $\lambda_2 - \delta_1$ 으로, ξ_{t_D+2} 는 $\lambda_2 - \delta_2$ 으로, ... ξ_T 는 $\lambda_2 - \delta_T$ 를 가지는 고정되지 않은 비율을 가질 가능성이 있다. 여기서 우리는 $\delta_i < \lambda_2$ 을 가지게 되고, 그 값은 $\delta_j = 0, \delta_{j+1} = 0, \dots, \delta_T = 0; 0 \leq j \leq T$ 이 가능하다. 이 경우에 제안된 방법의 성능은 다음 정리에 의해 설명된다.

정리 3. 불일치 누락의 확률은 다음과 같다.

$$P(S_T < h_{opt}, t_D = 0) = \sum_{k=0}^{h_{opt}} \frac{(\lambda_2 T - \Delta)^k}{k!} e^{-(\lambda_2 T - \Delta)}, \Delta = \sum_{i=1}^T \delta_i.$$

여기서 h_{opt} 는 식(3)을 사용해서 계산된다.

증명: 정리 2에서 h_{opt} 은 식(3)에 의해 구할 수 있다. ξ_1, \dots, ξ_T 는 포아송 랜덤값들에 독립적이기 때문에 그 값들의 합, S_T 또한 포아송 분포를 갖는다. S_T 의 분포 파라미터는 $T\lambda_2 - \Delta$ 와 동일하므로 다음과 같이 성립된다.

$$P(S_T < h_{opt}, t_D = 0) = \sum_{k=0}^{h_{opt}} \frac{(\lambda_2 T - \Delta)^k}{k!} e^{-(\lambda_2 T - \Delta)}.$$

3.3 false alarm 확률의 최소화

앞의 절에서 false alarm의 확률은 고정되어 있다. 제안된 방법의 성능은 point-of-change 탐지 확률에 의해 정의된다. 여기서 우리는 역수 문제를 고려해야 한다. 불일치 누락의 확률이 고정되었다고 가정하고, 그 확률을 α^* 이라 하자. 위에서 언급된 상태에서 false alarm의 수를 줄일 필요가 있다. false alarm 확률의 최소화를 위해 동일한 알고리즘이 사용되지만, 최적의 임계값은 다르다. 이 값을 h_{opt}^* 라 놓자.

정리 4. false alarm 확률의 최소화를 위한 임계값의 최적은 다음과 같다.

$$h_{opt} = \max \left\{ h : \sum_{k=0}^h \frac{(\lambda_2 T)^k}{k!} \leq e^{\lambda_2 T} \alpha^* \right\}$$

여기서, false alarm의 확률은 아래와 같다.

$$1 - \sum_{k=0}^{h_{opt}} \frac{(\lambda_1 T)^k}{k!} e^{-\lambda_1 T}$$

증명: 불일치 누락은 $S_T \leq h$ 인 분포에서 파라미터 λ_2 을 가질 때 발생한다. 이것으로부터 불일치 누락의 확률은 동일하다.

$$P(S_T \leq h) = \sum_{k=0}^h \frac{(\lambda_2 T)^k}{k!} e^{-\lambda_2 T}$$

false alarm 확률의 최소화를 고려할 때 임계값의 범위는 다음과 같이 정의된다.

$$\left\{ h : \sum_{k=0}^h \frac{(\lambda_2 T)^k}{k!} \leq \alpha e^{\lambda_2 T} \right\}$$

위에서 언급된 것처럼, 임계가 감소한다면 불일치 누락 확률은 감소하지만, false alarm의 확률은 증가한다. 그러므로 임계의 최적값은 최대 허용되는 값이다. 따라서 false alarm의 최소 확률은 $1 - P(S_T \leq h_{opt})$ 으로 증명된다.

4. 성능평가

본 절에서 우리는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 제안된 방법의 성능을 분석한다. 성능 평가를 위해서 포아송 분포에 대한 의사랜덤 발생기(pseudo-random generator)가 [10, 11]에 따라서 사용된다. 콜 횟수가 변화하는 동안 불일치 발생 시 허용 지연시간에 대한 탐지율을 분석적인 데이터와 시뮬레이션 데이터를 비교하고, false alarm의 범위가 제한된다는 것을 증명한다. 제안된 알고리즘은 분포의 고정된 파라미터와 변경되는 파라미터 모두에 대하여 실험한다. 허용 지연과 분포의 파라미터들에 대해 알고리즘의 민감성을 보이기 위해서 각 시뮬레이션 실험은 10^6 번 실행해서 평균을 구한다.

4.1 false alarm의 제한된 범위의 증명

식(2)에 의해서 제안된 방법은 false alarm의 수가 작은 값을 구할 수 있다. 각 실험에서 제안된 방법은 랜덤값(T)를 이용하고, 만약에 false alarm이 발생하면 카운터를 증가시킨다. 실험한 결과 false alarm의 범위는 5%이하이다. 허용할 수 있는 지연은 각각 다른 값들이 사용된다.

<표 1>에서 각 열은 다른 λ_2 값들에 대한 시뮬레이션 결과이다. 각각의 실험이 시작될 때, 최적의 임계값은 정리 1에 의해 계산된 값이고 모든 실험에서 사용된다. false alarm에 대한 부분에서 false alarm의 수는 백분율로 나타냈고, 범위가 항상 5%보다 더 작다는 것을 알 수 있다.

<표 1> false alarm의 범위($\lambda_1=1$)

λ_2	T	h_{opt}	false alarm (%)
0.01	20	5	2.0
1	10	15	5.0
2	10	28	3.4
3	10	39	4.8
3	20	73	4.3
3	50	170	4.9
3	5	22	3.3
3	3	14	4.0
3	1	6	3.5
10	10	117	4.2
50	10	537	4.8

4.2 제안된 알고리즘의 효율

제안된 불일치 탐지 알고리즘의 성능을 알아보자. 일반적인 손실이 없다면 불일치 탐지를 위해 $t_D=0$ 이라고 가정한다. 즉, 콜 횟수가 변화하기 시작하는 시간부터 수행된다. 따라서 처음에 하나의 불일치를 가지는 분포를 가지게 된다. 시뮬레이션 방법은 위와 동일하고 false alarm의 범위는 5%이다. 시뮬레이션과 분석적인 모델에 대한 불일치 탐지율은 <표 2>에서 볼 수 있으며, 제안된 모델의 성능을 증명하기에 충분하다. 제안된 불일치 탐지 알고리즘은 λ_1 과 λ_2 가 근접하고, 허용할 수 있는 지연이 크지 않더라도 상대적으로 큰 분포 파라미터 값들에 대한 요구 변화를 탐지한다.

여기에서 point-of-change 이후에 비율이 고정되지 않은 경우를 고려해 보자. 만약 $\lambda_1 + \delta_i < \lambda_2$ 일 때, 불일치 이후의 랜덤값 $\xi_i (i=1, \dots, T)$ 는 분포에서 파라미터 $\lambda_1 + \delta_i$ 을 가진다. 그렇지 않으면, 비율은 λ_2 와 같게 된

다. 다시 말해서, 불일치 이후의 분포 비율은 점진적으로 고정된 단계 δ 에서 λ_2 까지 변한다.

$\delta=0.1$ 에 대한 결과는 <표 3>에서 볼 수 있다.

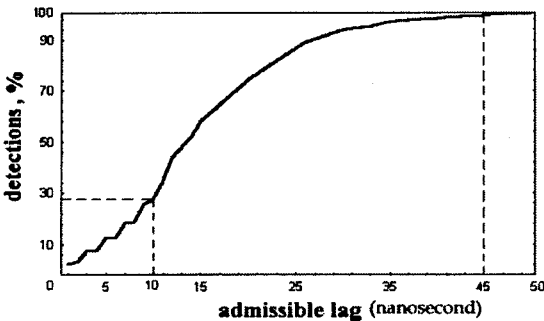
우리는 분포 파라미터가 고정되지 않은 경우에서 제안된 방법의 성능이 고정된 경우의 것보다 좋지 않다는 것을 안다. 그렇지만, 만약에 T 가 상대적으로 크다면 이것은 성립하지 않는다. <그림 2>는 탐지율과 사이에서의 관계를 $\lambda_1=2, \lambda_2=3, \delta=0.1$ 인 경우에 대해서 나타내고 있다.

<표 2> 알고리즘의 효율

λ_1	λ_2	T	h_{opt}	시뮬레이션	모델
1	1.2	10	15	15.7	15.6
1	1.2	100	117	58.2	58.5
1	1.2	300	329	94.9	94.8
1	3	10	15	100	100
2	3	20	28	87.1	86.5
3	5	15	56	98.8	98.7
2	4	30	73	100	100
5	10	20	117	100	100
10	11	100	346	100	100
100	120	10	346	100	100

<표 3> 불일치 이후의 고정되지 않은 비율

λ_1	λ_2	T	시뮬레이션	모델
1	2	10	48.5	48.3
1	2	20	91.1	88.3
10	11	10	12.1	12.2
10	11	20	29.7	26.8
1	3	10	88.4	88.9
100	120	10	100	100



<그림 2> 탐지율(%)과 허용 지연 사이의 관계;
 $\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 3.$

5. 결론

셀룰러 네트워크의 효율적인 관리를 위해서 이동하는 이동 단말 사용자에게 대한 콜 횟수를 아는 것은 중요하다. 그 횟수는 보통 불규칙적이고 구현하기 매우 어려운 사용자의 행동에 따른다. 본 논문에서는 콜 횟수에 대한 요구 변화를 탐지하기 위한 방법을 제시하였다. 허용 지연(admissible lag) 하에 point-of-change 문제가 포아송 랜덤값을 가지는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 설명되고 분석되었다. 요구 변화를 탐지하기 위해 제안된 알고리즘은 과부하 상태에서 높은 정확성을 나타내고, 개발된 모델은 알고리즘의 성능을 정확하게 예측할 수 있다.

참고문헌

- [1] W. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications: analog and digital systems," Second Edition, New York: McGraw-Hill, 1995.
- [2] R. Thomas, H. Gilbert, and G. Mazziotto, "Influence of the Movement of Mobile Station on the Performance of the Radio Cellular Network," Proceeding of the 3rd Nordic Seminar, Copenhagen, September 1988.
- [3] C.Y. Park, Y.H. Han, C.S. Hwang, and Y.S. Jeong, "Simulation of a Mobility Prediction Scheme Based on Neuro-Fuzzy Theory in Mobile Computing," Simulation, v.75, No 1, 2000, pp.6-17.
- [4] D. Hong and S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Non-Prioritized Handoff Procedures," IEEE Transactions on Vehicular Technology, v.35, No 3, August, 1986, pp.77-91.
- [5] G. Liu and Jr. Maguire, "Class of Mobile Motion Prediction Algorithms for Wireless Mobile Computing and Communications," Mobile Networks and Application, v.1, 1996, pp.113-121.
- [6] T. Lui, P. Balhl, and I. Chlamtac, "An Optimal Self-Learning Estimation for Predicting Inter-cell User Trajectory in Wireless Radio Networks," IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications, v.2, 1997, pp.438-442.
- [7] Y. Fang, I. Chalamtac, and Y.B. Lin, "Call completion probability for a PCS network," IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications, v.2, 1997, pp.567-571.
- [8] E.S. Page, "Continuous inspection schemes. Biometrika, v.41, N2, 1954, pp.100-114.
- [9] B. Yakir, "Dynamic sampling policy for detecting a change in distribution, with a probability bound on false alarm," Ann. Statist, v.24, 1996, pp.2199-2214.
- [10] D.E. Knuth, "The art of computer programming, 3rd ed., v.2, pp.137, Addison-Wesley, 1998.
- [11] S.M. Ermakov and G.A. Michaelov, "Statistics modeling, moscow: Nauka, 1982 (in Russian)

● 저자소개 ●

추 현 승



- 1988 성균관대학교 수학과 학사
 1990 텍사스 주립대학교(달라스) 전자계산학과 석사
 1996 텍사스 주립대학교(알링턴) 전산공학과 박사
 1997 텍사스 주립대학교(알링턴) 객원 교수
 1998 특허청 특허심사관(5급)
 1998.3 ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 조교수
 관심분야: 이동 컴퓨팅, 광 네트워킹 기술, 스토리지 시스템 등

윤 희 용



- 1977 서울대학교 전기공학과 학사
 1979 서울대학교 전기공학과 석사
 1988 Univ. of Massachusetts at Amherst, 컴퓨터공학과 박사
 1988.9 ~ 1991.5 Univ. of North Texas, Assistant Professor
 1991.6 ~ 1993.5 Univ. of Texas at Arlington, Assistant Professor
 1993.6 ~ 2000.8 Univ. of Texas at Arlington, Associate Professor
 2000.9 ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수
 관심분야: 이동 컴퓨팅, 병렬 및 분산 처리, 저장시스템, 보안 파일시스템 등

정 민 영



- 1990 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 학사
 1994 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1999 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
 1999.1 ~ 2002.2 한국전자통신연구원 선임연구원
 2002.3 ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 조교수
 관심분야: 인터넷, 이동통신, Ad hoc 네트워킹 기술 등