

# 이동통신 시스템에서 큐잉 모델을 이용한 제어국의 성능 분석

## (Performance Analysis of Base Station Controller using Queueing Model for Mobile Communication Systems)

원 종 권 \* 박 우 구 \*\* 이 상 호 \*\*\*

(Jong-Kwon Won) (Woo-Goo Park) (Sang-Ho Lee)

**요 약** 이 논문은 이동통신 시스템의 제어국에 순간적으로 가해지는 다량의 입력 메시지의 신뢰성있는 제어를 위하여 이동통신 시스템의 제어국에서 처리하는 입력 메시지를 두 가지 형태로 구분하여 메시지가 갖는 특성을 분석하였다.

메시지는 호 접속 관련 메시지와 운용 및 유지보수 관련 메시지로 구분하였으며, M/M/1/K 큐잉모델을 이용하여 메시지별로 입력 메시지의 손실 확률, 큐의 평균 길이, 프로세스 관리기(서버)의 점유율, 큐의 평균 대기 시간을 분석하였다.

그리고 과밀한 메시지 입력에 따른 부하 제어 시 두 메시지에 대한 성능 비교를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 실시하였다.

**Abstract** This paper is to propose an efficient and reliable control procedure of Base Station Controller of mobile communication system for bulk input messages which was delivered instantaneously.

We divided the input messages that are processed by the base station controller of the mobile communication system into two things ; they are messages related to call connection and o&m(operation and maintenance). In addition, we analyzed the properties of the input messages and then performed computer simulation on each input message by using M/M/1/K queueing model in term of the following viewpoints : the loss probability of input messages, the average queue length, the utilization of process controller(server),the average waiting time in queue.

And we compared the performance of the two input messages in the overload controlling which was caused by the congested input messages.

### 1. 서 론

최근 몇 년 사이에 CDMA (Code Division Multiple Access) 방식의 셀룰러 휴대폰 및 개인 휴대 전화 (PCS-Personal Communication System)와 같은 이동통신 시스템에 대한 수요가 확대되어 가입자가 98

년 현재 약 700만에 다다르고 있다. 이렇게 많은 가입자를 수용하게 되는 이동통신 시스템은 가입자의 다양한 호 서비스를 만족시켜야 한다 [1, 2].

IS-95에 바탕을 둔 CDMA 이동통신 시스템은 이동국 (Mobile Station), 기지국 (BTS-Base Transceiver Subsystem), 제어국 (BSC-Base Station Controller), 그리고 교환국 (Mobile Switching System) 등으로 구분할 수 있는데 [2], 제어국 내에는 호 제어 프로세서 (call control processor)가 있어 각종 메시지를 처리하고 있다. 제어국의 호 제어 프로세서의 부하에 영향을 주는 메시지는 호 접속 관련 메시지와 운용 및 유지보수 메시지가 있다. 호 접속 관련 메시지는 이동 환경 특

\* 정 회 원 : 배화여자대학 응용정보처리과 교수  
jkwon@baewha.ac.kr

\*\* 정 회 원 : 한국전자통신연구원 기지국제어 S/W팀 연구원  
wgpark@ctri.re.kr

\*\*\* 종신회원 : 충북대학교 컴퓨터과학과 교수  
shlcc@cbucc.chungbuk.ac.kr

논문접수 : 1998년 4월 18일

심사완료 : 1999년 11월 26일

성에 따라 이동국에서 발생하는 발신호, 이동국으로 착신되는 착신호, 이동국이 다른 기지국으로 이동하여 발생하는 핸드오프호 등으로 구분되며, 기지국 및 제어국의 운용 및 유지보수에 사용되는 운용 및 유지보수 메시지가 있다.

특히, 호 제어 프로세서는 단일 큐를 사용하여 입력되는 각종 서비스를 수행하며, 하나의 메시지가 입력되면 큐에 저장되어 있고 저장된 큐는 우선 순위에 의해서 버 역할을 하는 프로세스 관리자가 관련 프로세스를 실행하여 서비스를 수행한다. 이와 같은 메시지는 이동 가입자의 특성 및 이동 환경, 그리고 사회적인 요인에 의하여 순간적으로 다량의 메시지가 발생할 수 있다 [3, 4]. 제어국에 가해지는 이러한 입력 메시지는 호제어 프로세서에 대한 부하로 나타나며, 부하는 호제어 프로세서의 성능을 감소시키거나 다운되어 순간적으로 많은 수의 입력 메시지를 수행하지 못하는 상황을 초래할 수 있게 된다. 이와 같은 부하는 결국 호의 손실률을 높여 이동 가입자에 대한 서비스 품질을 저하시키는 요인이 된다. 그러므로 제어국에 가해지는 메시지를 특성에 따라 분류하여 각각에 알맞은 방식으로 제어함으로써 시스템의 신뢰성 및 이동 가입자에 대한 서비스 품질을 향상시키게 된다 [5, 6]. 그러나 제어국에 가해지는 메시지를 분류하고 그에 적합한 제어를 수행하도록 하는 것에 대한 연구는 미비한 실정이다[4,6,7].

이 논문에서는 이동통신 시스템의 제어국에 순간적으로 가해지는 다량의 입력 메시지를 효율적이고 신뢰성 있게 제어하기 위하여 제어국의 호 제어 프로세서에서 처리하는 입력 메시지를 메시지의 특성에 따라 두 가지 형태로 구분하여 제어하는 모델을 제안한다.

제안 모델의 성능 분석에 필요한 요소들을 사전에 파악하기 위하여 M/M/1/K 큐잉 모델을 이용하여 메시지별로 입력 메시지의 손실 확률, 큐의 평균 길이, 프로세스 관리기(서버)의 점유율, 큐의 평균 대기 시간 그리고 과밀한 메시지 입력에 따른 부하 제어 시 두 메시지에 대한 성능 비교를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 실시하였다.

이 논문의 제 II 장에서는 기지국에서 발생하는 호 접속 관련 메시지의 특징 및 부하 제어 메커니즘에 대하여 살펴보고, 제 III 장에서는 이질적인 입력 메시지에 대하여 큐잉 모델을 이용하여 수치적으로 해석한 다음 성능을 분석한다. 제 IV 장에서는 실제 시스템인 STP(system test plant)를 이용하여 부하 제어 시 큐잉 모델에 대한 성능 분석을 실시하였다. 마지막으로 제 V 장에서는 결론 및 앞으로의 연구 방향에 대하여

언급한다.

## 2. 시스템 모델

### 2.1 기지국에서 발생하는 호 접속 관련 메시지의 특징

호 접속 관련 메시지는 발생 위치에 따라 기지국에서의 발신호, 핸드오프호, 그리고 교환기로부터의 착신호 메시지로 구분된다. 발신호는 셀 내에서 이동 가입자가 호의 연결을 요청하여 해당 기지국에 수신되는 호이고, 핸드 오프호는 기지국에서 제어 가능한 셀 환경을 벗어나는 호로서 인접 셀의 기지국에 연결되어 계속해서 유지되는 호이다. 따라서 호가 절단되지 않고 계속해서 유지되기 위해서는 셀 환경을 벗어나는 핸드 오프 호를 위하여 인접 셀의 CDMA 기본 채널은 미리 할당되어 있어야 한다 [2]. 채널 자원의 할당 여부에 따라 시도된 호 접속 관련 메시지의 처리를 담당하는 프로세스(call control process)가 완료되지 못하고 실패할 수 있다.

식 (1)에서  $C_{avail}$  는 사용 가능한 전체 채널 자원에 대한 사용 가능한 발신호를 위한 채널 자원의 비이다.

$$C_{avail} = \frac{\sum_{i=0}^n C_i(n-k)}{\sum_{i=0}^n C_i} \quad (1)$$

식(1)에서  $n$ 은 채널 자원의 수이고,  $C_i$ 는 한 셀 내의 사용 가능한 채널 자원의 총 수이며,  $C_i(n-k)$ 는 가용 채널 자원의 총 수에서 핸드오프를 위해 선점된 비 가용 자원의 수( $k$ )를 삭제한 실제의 가용 자원을 의미한다. 따라서 채널 가용도가 적을 경우에는 사용할 수 있는 채널 자원의 적음을 의미하고, 반대로 크면 사용할 수 있는 채널 자원이 많음을 알 수 있다.

이와 같이 발신호는 전체의 사용 가능한 채널 자원의 수에서 핸드오프호를 위해 선점된 자원 만큼을 제외한 채널 가용도를 갖는다. 따라서 핸드오프호는 선점된 채널 자원을 모두 사용할 수 있다. 그러나 발신호는 호의 특성상 호의 설정 요구이므로 채널 자원이 부족하거나 제어국이 과부하 상태에 다다르면 이동 가입자에게 거절 통보를 하여 잠시 후에 다시 요청하도록 할 수 있으나 핸드오프호의 경우는 이미 채널 자원을 할당 받아 사용 중에 있는 호이므로 채널 자원이 없을 경우에는 어쩔 수 없이 호가 블러킹 되지만 제어국의 과부하 상태로 인하여 호가 손실되지 않게 발신호에 대한 메시지를 먼저 거절하게 하여 핸드오프호가 영향을 받지 않고 서비스가 유지되도록 해야 한다.

한 기지국으로부터 발생하는 발신호와 핸드오프호는 제어국에 전달된다. 그리고 하나의 제어국은 다수의 기지국을 제어하므로 여러 기지국으로부터 발신호와 핸드오프호에 대한 메시지가 제어국에 가해진다. 특히, 많은 트래픽으로 인하여 제어국의 큐(queue)가 일정 범위를 넘어서면 계속해서 진입하려는 메시지는 유실될 수 있다. 결국 제어국 입장에서 발신호와 핸드오프호를 일부 거절(reject)하는 상황에 다다르게 되어 호 손실률이 높아지게 된다. 또한, 교환기로부터 오는 착신호 관련 메시지는 교환기를 통하여 진입하는 호로 이미 회선을 할당 받아 정상 상태로 진입하는 호이기 때문에 발신호에 우선해서 서비스해야 한다.

그러므로 제어국에서는 과부하시에 지금까지 살펴본 호의 특성에 따라 발신호, 핸드오프호 그리고 착신호에 대해 호를 제어해야 한다. 특히, 핸드오프호는 착신호와 마찬가지로 채널 자원을 이미 할당 받았기 때문에 착신호와 동일한 비율로 호를 수락하거나 거절한다.

**2.2 운용 및 유지보수 관련 메시지의 특징**

운용 및 유지보수 메시지는 운용 메시지와 유지보수 메시지로 구분된다. 운용 메시지는 유지보수 메시지에 비해 중요도가 그다지 높지 않으며 발생 빈도 또한 매우 적다. 그러나 유지보수는 시스템의 상태를 관리하기 위하여 동적으로 제어되는 기능들이 존재하는 관계로 운용 메시지에 비해서 중요도가 매우 높다. 따라서 과부하 시 유지보수 > 운용 메시지의 우선 순위에 입각해서 제어 한다 [1]. 즉, 과부하 상태하에서는 핸드오프호 또는 착신호, 발신호, 유지보수 메시지, 그리고 운용 메시지 순으로 우선 순위를 정하여 실행함으로써 낮은 우선 순위를 갖는 메시지로 인하여 높은 우선 순위를 갖는 메시지가 블러킹 당하지 않도록 가정하였다.

**2.3 시스템 모델**

호제어 프로세서의 신뢰성 있는 동작 및 호 접속 관련 메시지의 지속적인 유지를 위하여 입력 호 접속 관련 메시지들에 대해 큐잉 모델을 통한 호제어 프로세서의 성능을 분석할 필요가 있다. 제어국 입장에서 입력되는 호 접속 관련 메시지는 서비스 지속시간 및 우선 순위에 따라 크게 기지국으로부터 진입하는 트래픽 ( $\lambda_1 = \lambda^{n}_{isc} + \lambda^{h}_{isc} + \lambda^{o}_{isc}$ : 발신호 ( $\lambda^{n}_{isc}$ ), 핸드오프호 ( $\lambda^{h}_{isc}$ ) 및 착신호 ( $\lambda^{o}_{isc}$ )) 와 운용 및 유지보수와 관련된 메시지 등의 트래픽( $\lambda_2 = \lambda^0_{isc}$ )으로 구분된다. 통신 시스템에서 운용 및 유지보수 메시지는 일반적으로 호 접속 관련 메시지에 비해 우선 순위가 낮도록 설계되어 있다. 단, 과부하 상태 하에서는 deadlock 회피 등과

같이 시스템의 신뢰도에 관련된 유지보수 메시지는 최우선 순위를 갖도록 하여 착신호와 같은 순위를 갖도록 하였다.

모델링의 편리성을 위하여 3가지의 호 접속 관련 메시지 (시스템 신뢰도와 관련된 메시지 포함)와 2가지의 운용 및 유지보수 메시지를 묶어 두 가지 형태의 메시지로 가정하여 시스템을 모델링한다. 기지국 및 교환국으로부터의 호 접속 관련 메시지(메시지-1)의 도착률을  $\lambda_1$ 이라고 하고, 운용 및 유지보수 메시지의 도착률 (메시지-2)을  $\lambda_2$ 라고 가정한다. 메시지-1은 실시간성(real-time property) 성질을 갖고 있으며, 메시지-2는 비 실시간성(non-real-time property) 특성을 갖는다. 여기서 입력 트래픽의 도착과정(arrival process)은 포아송 과정(poisson process)으로 도착하는 모델로 가정한다 [7, 8, 9].

그림 1은 이 논문에서 해석하고자 하는 이질적 형태의 두 메시지들에 대한 큐잉 모델이다. 이 큐잉 모델의 해석과 수치적 성능분석을 통하여 두 메시지의 부하 특성 및 과부하 시 부하 제어 방법에 대한 정당성과 그에 알맞은 평가를 실시할 수 있다. 위의 큐잉 모델을 통하여 기지국으로부터 입력되는 트래픽의 손실률과 이를 제외한 다른 메시지의 입력 트래픽이 손실될 확률과 그리고 각각의 두 트래픽에 대한 큐의 평균 서비스 길이와 트래픽의 평균 지연 시간을 다음과 같이 구할 수 있다. 즉, 입력 메시지의 부하가 일정 수준 이상이 되어 손실률이 상승하면 적절한 부하 제어를 통하여 입력 메시지를 통제 (수락 및 거절)하여 손실률을 낮출 수 있게 된다. 손실률이 커지는 부하 상태가 되면 부하 제어 기능은 입력되는 메시지를 일정 비율 거절함으로써 입력되는 메시지의 수를 조절하여 부하를 저하시킬 수 있다. 이때 운용 및 유지보수 메시지를 먼저 부하 제어하고 그래도 손실률이 저하되지 않으면 호 접속 관련 메시지에 대해서 부하 제어를 실시하여

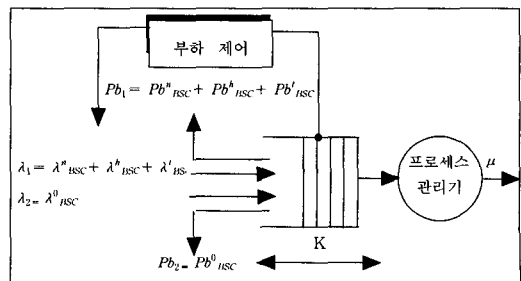


그림 1 부하제어를 위한 큐잉모델

손실률을 줄이도록 하였다.

이 논문에서 사용하고 있는 두 메시지간의 우선 순위 에 입각한 부하 제어를 통한 큐잉 모델 분석은 참고 문헌 [10]에 근거하였다. 일반적인 우선 순위를 통한 큐잉 모델 분석은 많은 논문에서 이미 발표되었다. 그러므로 이 논문에서는 부하 제어를 통한 입력 메시지의 조절이 호 제어 프로세서에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

분석의 편리를 위하여 통화시간의 분포는 지수분포라 가정하고 입력 트래픽의 도착률  $\lambda$ 와 서비스율  $\mu$ 는 서로 다르다고 가정한다. 즉,  $\lambda/\mu = \rho$ (트래픽 밀도 : offered load)라 할때  $\rho < 1$  된다. 먼저, 분석에 사용된 파라미터에 대하여 살펴보면

- $P_n$  : 프로세서내 n개의 메시지가 존재할 안정상태 확률 (steady-state probability)
- $P_n(t)$  : 시간 t에서 큐에 n개의 메시지가 존재할 확률
- $\lambda$  : 도착률
- $\mu$  : 서비스 율
- $\rho$  : 트래픽 밀도 ( $\lambda/\mu$ )
- $L$  : 큐 내의 메시지의 평균 개수
- $W$  : 메시지 당 큐에서의 평균 점유 시간
- $K$  : 큐 길이
- $B$  : 메시지 손실확률

M/M/1/K 모델에서 호 제어 프로세서 내에 n개의 메시지가 존재할 확률은 (단,  $n=0,1,2,3,\dots$ ) 트래픽 밀도가  $\rho < 1$ 일 때,

$$P_n = \frac{(1-\rho)\rho^n}{1-\rho^{K+1}} \quad (2)$$

이다. 기지국으로부터의 호 접속 관련 메시지가 손실 될 확률  $B_1$  은 호 접속 관련 메시지로 가득찰 확률 , 즉 큐에 K 개의 호 접속 메시지가 들어 있을 확률과 동일하므로 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_1 = \frac{(1-\frac{\lambda_1}{\mu_1})\frac{\lambda_1^K}{\mu_1}}{1-(\frac{\lambda_1}{\mu_1})^{K+1}} \quad (3)$$

운용 및 유지보수 메시지의 손실률  $B_2$  는 큐가 K 개의 메시지(호 접속 관련 및 운용.유지보수 메시지) 로 가득찬 확률과 동일하므로 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$B_2 = P_K = \frac{(1-\frac{\lambda_2}{\mu_2})\frac{\lambda_2^K}{\mu_2}}{1-(\frac{\lambda_2}{\mu_2})^{K+1}} \quad (4)$$

또한, 현재 시점에서 막 큐에 도착하는 호 접속 관련 메시지가 경험하는 평균 큐의 길이를  $L_1$  이라고 하고 운용 및 유지보수 메시지가 경험하는 큐의 평균 길이를  $L_2$  라 하자 . 이때 제어국의 호 제어 프로세서의 큐에 존재하는 평균 메시지의 길이는 메시지-1과 메시지-2 각각에 대해,

$$L_1 = \sum_{n=0}^K n \cdot P_n = \sum_{n=0}^K n \cdot \frac{(1-\frac{\lambda_1}{\mu})\frac{\lambda_1^n}{\mu}}{1-(\frac{\lambda_1}{\mu})^{K+1}} \quad (5)$$

$$L_2 = \sum_{n=0}^K n \cdot P_n = \sum_{n=0}^K n \cdot \frac{(1-\frac{\lambda}{\mu})\frac{\lambda^n}{\mu}}{1-(\frac{\lambda}{\mu})^{K+1}} \quad (6)$$

이다. 그리고 트래픽의 평균 점유 시간은 Little's Law를 이용하여 구할 수 있다. 흐름 보전 법칙에 의하면 시간당 도착률은 호제어 프로세서내의 평균 메시지 수와 동일하다.

$$\sum_{i=1}^N W_i = \int_0^T L(t)dt \quad (7)$$

그러므로  $W_1, W_2$ 는 식 (8)과 같다.평균 점유 시간

$$W_1 = \frac{L_1}{\lambda_1} \quad W_2 = \frac{L_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad (8)$$

### 3. 이질적인 메시지에 대한 큐잉모델의 성능 분석

#### 3.1 성능분석에 대한 가정

앞 절에서 제안한 이질적인 두 입력 메시지의 큐잉 모델의 해석을 위하여 호제어 프로세서에서 처리하는 모든 메시지를 두 가지 이질적 (heterogeneous)인 메시지(메시지-1: 호 접속 관련 메시지, 메시지-2: 운용 및 유지보수 메시지) 형태의 입력으로 하여 큐에 진입 시키고, 진입한 메시지를 프로세스 관리기에 의해 FIFO 형태로 서비스할 때, 큐의 점유율과 그 때의 호손실을 성능 분석하였다. 먼저, 호제어 프로세서가 갖는 M/M/1/K 큐잉 모델을 분석한다.

성능 분석은 큐의 최대 서비스 길이를 10부터 170까지 40개씩 증가 시키고, 트래픽 밀도(offered

load)는 20부터 150까지 150%의 부하를 갖도록 10%씩 선형적으로 증가 시키며 수행하였다. 물론 메시지의 도착 프로세스는 포아송(Poisson) 분포를 따르고, 평균 서비스 시간은 (메시지-1 : 100초, 메시지-2 : 메시지-1의 약 10%)의 지수분포를 지닌다고 가정한다. 메시지-2의 평균 서비스 시간이 메시지-1의 10%인 것은 공식적인 데이터는 현재 알려진 바가 없어 실지의 시스템을 System Test Plant (STP)에서 실측한 자료에 따라 가정하였다. 즉, 메시지-2는 메시지-1에 비해 단기간에 동작하는데 하나의 운용 및 유지보수 처리 시간 (서비스 시간)은 보통 짧게는 1초 이내로부터 (데이터 검색 및 갱신, 상태 및 장애 처리 기능) 길게는 1분 (통계 및 측정, 시험 기능) 정도가 소용된다. 따라서 평균하여 약 10초 (메시지-1의 10%)로 가정하였다.

그림 2부터 그림5까지 나타난 트래픽 밀도(offered load)는  $\lambda_2 = \lambda * 0.1, \lambda_1 = \lambda - \lambda_2$ 로 가정하였다. 이와 같은 값에 의해 트래픽 밀도가 0.27에서 1.45 사이에서 측정되게 하였다. 즉, 메시지-1에 의한 트래픽밀도가 0.27이면, 메시지-2에 의한 트래픽 밀도 0.3이고 Erlang은 0.27이 된다. 이때 해석적 방법에 의한 성능 분석 파라미터는 다음과 같다.

- 입력 메시지의 손실 확률
- 큐의 평균 점유 길이
- 프로세스 관리자(서버)의 점유율
- 큐의 평균 대기 시간의 분포
- 메시지-1과 메시지-2의 성능 비교

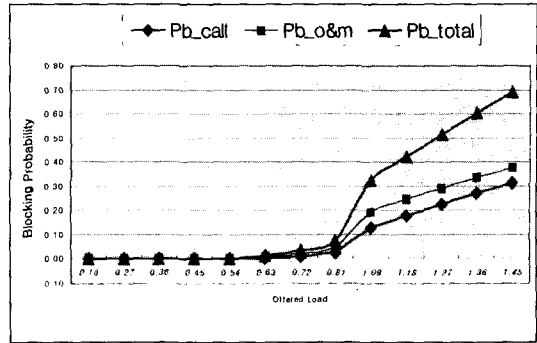
3.2 성능 분석

3.2.1 입력 메시지의 손실 확률

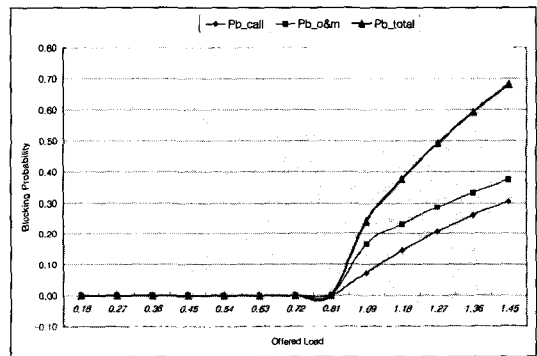
그림 2는 메시지의 부하에 따른 입력 메시지의 손실 확률로서 큐 길이가 10 과 170일 때 해석한 결과이다. 입력 메시지의 부하가 0.81까지는 서비스 올 보다 호의 도착율이 작아서 손실률이 거의 0에 가까우나 1을 넘어서부터 손실률이 급격히 증가되어 메시지의 손실률을 최소한으로 감소시키기 위하여 입력 메시지에 대한 부하 제어 기능이 필요함을 알 수 있다. 그리고 메시지-2에 대한 손실률(Pb\_o&m)은 메시지-2가 메시지-1의 약 10%로 정한 경우에 메시지-1의 손실률(Pb\_call)보다 약간 상회함을 보여 메시지-2 기능을 먼저 부하 제어해야 함을 확인할 수 있다.

3.2.2 큐의 평균 길이

그림 3은 메시지 부하에 따른 큐의 평균 길이로서 큐 길이를 10 과 170일 때 해석한 결과이다. 아래의 결과로부터 큐 길이가 10일 경우에 입력 메시지에 대한 부하가 커질수록 메시지가 큐를 차지 하는 비율이 매



(a) 큐 길이가 = 10



(b) 큐 길이가 = 170

그림 2 입력 메시지의 손실확률

우 작으나 큐 길이가 커지면서 입력 메시지 부하가 0.81 이상에서는 큐의 평균 길이가 매우 커짐을 보인다. 이것은 큐의 길이가 입력 메시지의 부하에 비해 상대적으로 크기 때문에 큐의 평균 길이가 커지는 것으로 판단된다. 따라서 적절한 큐의 길이를 보장해야 서비

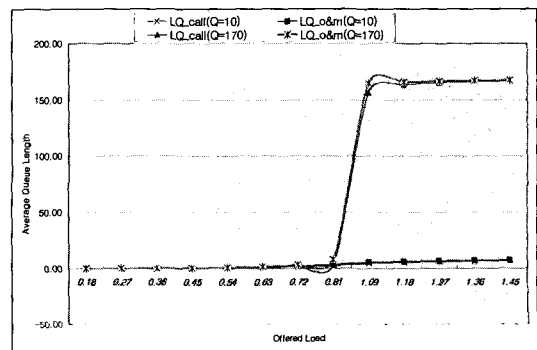


그림 3 큐의 평균 길이

스 중인 호에 영향을 최소화할 수 있음을 알 수 있다.

3.2.3 프로세스 관리기(서버)의 점유율

그림 4는 메시지 부하에 따른 서버의 점유율로서 큐 길이를 10에서 170까지 40씩 증가 시키면서 해석한 결과이다. 아래의 결과로부터 큐 길이에 상관없이 서버의 점유율은 일정하며, 입력 서비스의 부하가 0.18에서 1.09까지는 단조 증가하나 1.09 이상에서는 1.0으로 saturation함을 보이고 있다. 따라서 입력 서비스가 0.81부터 부하 제어 기능이 수행되어야 보다 안정적인 서버의 관리가 보장 받게 되어 프로세서의 예측 점유율을 0.9 이하에서 saturation되도록 할 수 있다.

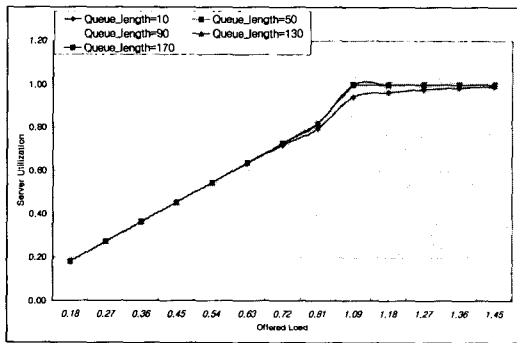


그림 4 프로세서 관리기(서버) 점유율

3.2.4 큐의 평균 대기 시간

그림 5는 메시지 부하에 따른 큐의 평균 대기 시간으로서 큐 길이를 10 과 170에서 해석한 결과이다. 아래의 결과로부터 큐 길이가 10일 경우에 입력 서비스의 부하가 커질수록 메시지가 큐에서 대기하는 평균 시간이 매우 작으나 큐 길이가 커지면서 입력 메시지의 부하가 0.81 이상에서는 큐에서의 평균 대기 시간이 매우 커짐을 보인다. 이것은 큐의 길이가 입력 메시지에 비해 상대적으로 크기 때문에 큐에서의 평균 대기 시간이 커지는 것으로 판단된다. 따라서 적절한 큐의 길이를 보장해야 서비스 중인 호에 영향을 최소화할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 메시지-1(WQ\_call) 과 메시지-2(WQ\_o&m) 간의 차이는 큐 길이가 적을 때에는 비교적 적은 것으로 보이나 큐의 길이가 커질수록 차이는 매우 커진다. 특히, WQ\_call이 WQ\_o&m에 비해 큰 값을 갖는 것은 상대적으로 큐에서의 평균 대기 시간이 길기 때문이다 (호재어의 서비스 점유 시간은 100 초이고 운용 및 유지보수는 호재어의 10%임).

3.2.5 메시지-1과 메시지-2의 성능 비교

표 1,2와 3은 메시지-1과 메시지-2에 대한 M/M/

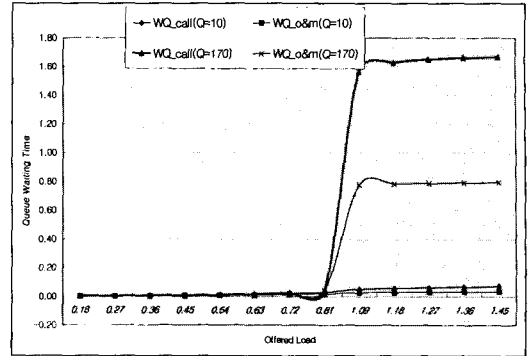


그림 5 큐의 평균 대기 시간

1/K 큐잉 모델의 성능 비교에 대한 것이다. 해석 파라미터로서 메시지-1의 점유 시간을 평균 100초로 하고 메시지-2의 시간을 메시지-1의 점유 시간의 0.1에서부터 0.2까지 0.05씩 증가하면서 해석한다. 트래픽 부하는 메시지-2의 경우 메시지-1의 0.1 수준에서 결정한다.

분석 결과에 따르면, 메시지-1의 손실률(Pb\_call)은 메시지-2의 점유 시간이 10초에서 20초까지 확장될 때 처음에는 메시지-1의 부하가 메시지-2의 부하보다 작아 메시지-2의 손실률 (Pb\_o&m)에 비해 커지나 메시지-2의 점유 시간이 길어질수록 메시지-2의 손실률에 비해 매우 커지게 된다. 따라서 메시지-2의 점유 시간이 길어지게 되면 부하 제어를 통하여 입력 메시지가 미치는 부하에 대한 메시지-1의 손실률이 커지는 것을 방지해야 함을 알 수 있다.

표 1 메시지-1과 메시지-2의 성능비교 ( $\mu_1/\mu_2 = 0.1$ )

메시지-1 (call connection oriented message)			메시지-2 (O&M message)		
트래픽 밀도 $\rho = \lambda_1/\mu_1$	Pb_call	PO_call	트래픽 밀도 $\rho = \lambda_2/\mu_2$	Pb_o&m	PO_o&m
0.180000	0.000000	0.820000	0.200000	0.000000	0.800000
0.270000	0.000000	0.730000	0.300000	0.000000	0.700000
0.360000	0.000000	0.640000	0.400000	0.000000	0.600000
0.450000	0.000000	0.550000	0.500000	0.000000	0.500000
0.540000	0.000000	0.460000	0.600000	0.000000	0.400000
0.630000	0.000000	0.370000	0.700000	0.000000	0.300000
0.720000	0.000000	0.280000	0.800000	0.000000	0.200000
0.810000	0.000000	0.190000	0.900000	0.000000	0.100000
1.080000	0.074075	0.000001	1.200000	0.166667	0.000000
1.170000	0.145299	0.000000	1.300000	0.230769	0.000000
1.260000	0.206349	0.000000	1.400000	0.285714	0.000000
1.350000	0.259259	0.000000	1.500000	0.333333	0.000000
1.440000	0.305556	0.000000	1.600000	0.375000	0.000000

표 2 메시지-1과 메시지-2의 성능비교 ( $\mu_1/\mu_2 = 0.15$ )

메시지-1 (call connection oriented message)			메시지-2 (O&M message)		
트래픽 밀도 $\rho = \lambda_1/\mu_1$	Pb_call	P0_call	트래픽 밀도 $\rho = \lambda_2/\mu_2$	Pb_o&m	P0_o&m
0.180000	0.000000	0.820000	0.133333	0.000000	0.866667
0.270000	0.000000	0.730000	0.200000	0.000000	0.800000
0.360000	0.000000	0.640000	0.266667	0.000000	0.733333
0.450000	0.000000	0.550000	0.333333	0.000000	0.666667
0.540000	0.000000	0.460000	0.400000	0.000000	0.600000
0.630000	0.000000	0.370000	0.466667	0.000000	0.533333
0.720000	0.000000	0.280000	0.533333	0.000000	0.466667
0.810000	0.000000	0.190000	0.600000	0.000000	0.400000
0.900000	0.000000	0.000001	0.666667	0.000000	0.333333
1.080000	0.074075	0.000000	0.800000	0.000000	0.200000
1.170000	0.145299	0.000000	0.866667	0.000000	0.133333
1.260000	0.206349	0.000000	0.933333	0.000002	0.066669
1.440000	0.305556	0.000000	1.066667	0.062504	0.000004

표 3 메시지-1과 메시지-2의 성능비교 ( $\mu_1/\mu_2 = 0.2$ )

메시지-1(call connection oriented message)			메시지-2(O&M message)		
트래픽밀도 $\rho = \lambda_1/\mu_2$	pb_call	P0_call	트래픽밀도 $\rho = \lambda_2/\mu_2$	pb_o&m	p0_o&m
0.180000	0.000000	0.820000	0.100000	0.000000	0.900000
0.270000	0.000000	0.730000	0.150000	0.000000	0.850000
0.360000	0.000000	0.640000	0.200000	0.000000	0.800000
0.450000	0.000000	0.550000	0.250000	0.000000	0.750000
0.540000	0.000000	0.460000	0.300000	0.000000	0.700000
0.630000	0.000000	0.370000	0.350000	0.000000	0.650000
0.720000	0.000000	0.280000	0.400000	0.000000	0.600000
0.810000	0.000000	0.190000	0.450000	0.000000	0.550000
0.900000	0.000000	0.100000	0.500000	0.000000	0.500000
1.080000	0.074075	0.000001	0.600000	0.000000	0.400000
1.170000	0.145299	0.000000	0.650000	0.000000	0.350000
1.260000	0.206349	0.000000	0.700000	0.000000	0.300000
1.350000	0.259259	0.000000	0.750000	0.000000	0.250000
1.440000	0.305556	0.000000	0.800000	0.000000	0.200000

또한, 메시지-1에 대한 큐가 비어있을 확률(P0\_call)은 메시지-2(P0\_o&m)에 비해 트래픽 밀도가 클수록 단조 감소함을 보이고 있으며, 메시지-2의 점유시간이 커질수록 개선되고 있음을 알 수 있다. 따라서 일반적으로 프로세서의 부하가 상승하게 되면 우선 순위가 낮은 메시지-2의 수행이 지연된다. 그러나 이러한 사실이 메시지-1에 미치는 영향은 전혀 없는 것으로 해석 결과 나타나 전체적으로 손실률을 최소화할 수 있다.

#### 4. 부하 제어 시 큐잉 모델 성능 분석

지금까지 호 접속 관련 메시지와 운용 및 유지보수 메시지 등의 두 메시지 군(group)으로 구분하여 분석한 M/M/1/K 큐잉 모델에 따르면 긴급하지 않은 일반적인 운용 및 유지보수 메시지가 트래픽이 (호 접속 관련 메시지의 증가)증가하게 되면 시스템의 큐(queue) 처리 능력에 많은 부하를 주게 되어 결국에는 호손실을 높이게 된다. 따라서 호 접속 관련 메시지에 대해 부하 제어를 바로 실시하는 것보다 운용 및 유지보수 메시지에 대해 먼저 부하 제어를 실시해야 시스템을 보다 안정적으로 제어할 수 있음을 알 수 있다.

그림 6은M/M/1/K 큐잉 모델의 분석 결과를 토대로 표 4와 같은 파라미터에 따라 STP(system test plant)상에서 과 부하 발생 시 부하 제어를 수행하면서 호손실을 구한 결과이다.

시뮬레이션 수행 시 부하 제어 방법은 입력 메시지에 대한 부하가 일정 수준 이상으로 판단되면(부하가 50%이상인 경우) M/M/1/K 큐잉 모델의 성능 분석 결과에 따라 운용 및 유지보수 메시지에 대해 먼저 제어를 하고 그 다음으로 호 접속 관련 메시지에 대한 제어를 실시하는 방식을 취하고 있다.

표 4 파라미터

Parameters	Value	
Queue Size	1000	
Offered load	$\lambda$	$\lambda_1 + \lambda_2$ 200 ~ 3600/sec
	$\lambda_1$	$\lambda_1 - \lambda_2$
	$\lambda_2$	$\lambda^* 0.1$
Mean Service time	$\mu_1$	100 sec
	$\mu_2$	$\mu_1^* 0.1$

성능 분석 결과 주어진 큐 길이에서 호가 증대되어 실행하지 못하는 메시지가 순간적으로 증대 가능하나 부하 제어 기능으로 인하여 호의 수락율과 호손실이 큐의 점유율이 1.0이내에서 안정적으로 유지되고 있음을 알 수 있다. 즉, 일반적 상태하에서 큐의 점유율이 높아지면 호 수락율이 급격하게 감소해야 하나 부하 제어 기능으로 인하여 완만하게 감소한다.

결론적으로 본 논문에서 제안하고 있는 두 메시지에 대한 분리 제어 방식을 통한 부하 제어 방식이 이동통신 시스템의 각종 메시지를 처리하는 호제어 프로세

서에 적용 가능하다고 판단된다.

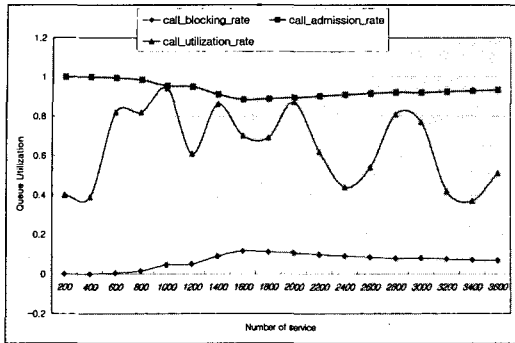


그림 6 부하 제어시 호 수락률 및 큐 사용률

### 5. 결론

본 논문에서는 이동통신 시스템의 제어국내의 호제어 프로세서에 순간적으로 다량 발생하는 입력 메시지에 대한 부하 제어를 위하여 입력 메시지를 발신호, 착신호, 핸드오프 호 등의 호 접속 관련 메시지와 운용 및 유지보수에 관련된 운용 및 유지보수 메시지 등으로 구분하였다. 두 이질적인 메시지에 대하여 M/M/1/K 큐잉 모델을 통하여 성능을 분석하였고, 그에 따라 부하 제어를 통하여 프로세서에 가해지는 두 메시지의 특성을 분석하였다.

성능 분석 결과 주어진 큐 길이에서 호가 증대되면 실행하지 못하는 호 접속 관련 메시지가 순간적으로 증대하므로 서버의 점유율을 0.9에서 saturation되도록 하기 위해서는 두 메시지 간에 특성에 따라 운용 및 유지보수 메시지를 먼저 부하 제어하고 다음으로 호 접속 관련 메시지를 제어하는 방식을 사용해야 함을 확인할 수 있다.

또한, 두 메시지간의 도착률 및 평균 서비스 시간의 변화에 따라 손실률의 정도를 확인하여 부하 제어 시 메시지의 거절 비율을 산출할 수 있어 실제의 시스템 적용 시에 기지국에서 발생하여 제어국으로 입력되는 호 접속 관련 메시지의 호 손실률을 최소화할 수 있다.

앞으로의 연구 방향은 이동통신 시스템에서 제어국의 성능을 향상 시키기 위하여 두 개의 큐를 사용하여 입력 되는 메시지를 분리하여 제어하는 시스템을 설계하고, 이를 구현하여 성능분석을 실시하는 것이다.

### 참고 문헌

[1] W. G. Park, H. Y. Um, and J. H. Ahn, A Highly

Reliable Maintenance and Administration Software Architecture in the Base Station for CDMA Mobile System : Design and Implementation, *The 1995 International Conference on Electronics, Informations and Communications (ICEIC95)*, China, August 1995, pp. 198-201.

[2] J. H. Ahn, D. J. Shin, and C. H. Cho, Development of the Base Station Controller and Manager in the CDMA Mobile System, *ETRI Journal*, Vol. 19, No. 3, October 1997, pp.141-168.

[3] R. Pandya, Emerging Mobile and Personal Communication Systems, *IEEE Communication Mag.*, Vol. 33, No. 6, 1995, pp.44-59.

[4] 박우구, 이숙진, 이상호, CDMA 이동통신 시스템을 위한 적응적 과부하 제어 기법, *한국정보과학회논문지(A)*, 제 23 권, 제9호, September 1996, pp.976-988.

[5] S. Wang and J. Silvester, An Approximate Model for Performance Evaluation of Real-time Multimedia Communication Systems, *Performance Evaluation*, Vol. 22, 1995, pp.239-256.

[6] D. M. Lee, H. B. Ryu, M. S. Jun, and C. H. Lee, Call Capacity Estimation of Base Station for CDMA Mobile System, *Proceedings of ITC-CSCC96*, 1996, pp.1055-1058.

[7] A. M. Law and W. D. Kelton, *Simulation and Modeling and Analysis*, McGraw-Hill, Inc. 1991.

[8] L. Kleinrock, *Queueing System*, Vol. I, John Wiley & Sons, New York, 1975.

[9] 최종연구보고서, 개인통신망의 트래픽 모델링, ETRI, June 1995.

[10] 최종연구보고서, Network Management 프로토콜 구조 및 성능분석 연구, ETRI, May 1996.

[11] Donald Gross & Carl M. Harris, *Fundamentals of Queueing Theory(3ed.)*, John Wiley & Sons, Inc.,1998.

[12] W.G.Park, J.K.Won and S.H. Lee, An Overload Control Strategy for Distributed Mobil Communication Systems, *Proceedings of IEEE International Conference Universal personal Communications98*, Oct., pp 1057-1061, 1998.

[13] 원종권, 박우구, 이상호, 이동통신 시스템에서 입력메시지 분리제어를 통한 제어국의 성능 개선, *정보처리학회 제6권2호*, Feb.,1999.

[14] 원종권, 이동통신 시스템의 제어국에서 다중 프로세서를 사용한 메시지 제어모델, *충북대학교 대학원 박사학위 논문*, Feb., 1999.

[15] 박우구, 이동통신 시스템에서의 적응적 과부하 제어 시스템의 설계와 성능분석, *충북대학교 대학원 박사학위 논문*, Feb., 1999.





원 중 권

1982년 2월 충북대학교 공과대학 졸업(공학사). 1988년 8월 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사). 1991년 ~ 1999년 2월 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사). 1992년 3월 ~ 현재 배화여자대학 응용정보처리과 조교수.

관심분야는 CDMA 이동통신, 트래픽제어, 시뮬레이션 등



박 우 구

1983년 2월 홍익대학교 전자계산학과 졸업(이학사). 1993년 2월 한남대학교 대학원 전자계산 공학과 졸업(이학석사). 1996년 3월 ~ 1999년 2월 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사).

1983년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구원

기지국 제어 S/W팀 책임연구원, 정보처리 기술사. 관심분야는 CDMA 이동통신, 무선 멀티미디어, 트래픽 제어, 프로토콜공학, 시뮬레이션 등



이 상 호

1976년 2월 숭실대학교 전자계산학과 졸업(공학사). 1981년 2월 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학석사). 1989년 2월 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학박사). 1990년 12월 ~ 1991년 2월 호주 텔레콤 연구소 방문연구원. 1992년 9월 ~ 1993년 3월 캐나다 UBC 방문연구원. 1994년 9월 ~ 1998년 8월 충북대학교 전자계산소 소장. 1981년 ~ 현재 충북대학교 컴퓨터과학과 교수. 관심분야는 프로토콜공학, 시뮬레이션, 소프트웨어 공학 등

관심분야는 프로토콜공학, 시뮬레이션, 소프트웨어 공학 등