

이동통신 시스템에서 입력 메시지 분리제어 방식을 통한 제어국의 성능 개선

원 종 권[†] · 박 우 구^{††} · 이 상 호^{†††}

요 약

이 논문은 이동통신 시스템의 제어국에 순간적으로 가해지는 다량의 입력 메시지에 대하여 효율적이고 신뢰성 있는 제어를 위하여 입력 메시지를 메시지 특성에 따라 분리한 다음 다중 프로세서를 사용하여 제어하는 모델을 제안한다.

제안 모델의 성능 개선에 필요한 요소들의 특성을 사전에 파악하기 위하여 M/M/c/K 큐잉 모델을 이용한다.

이 결과를 토대로 SLAM II를 이용한 시뮬레이션에 의해 입력 메시지에 대한 손실확률, 큐의 평균점유 길이의 분포, 프로세서 관리기(서버)의 점유율, 큐에서의 평균 대기 시간에 대하여 제안 모델과 기존 모델의 성능을 비교한다. 또한 과도한 입력 메시지로 인하여 과부하가 발생할 경우 두 입력 메시지에 대한 부하 제어 기능을 추가한 모델을 제안하고, 시뮬레이션에 의해 성능을 분석한다.

Performance Improvement of Base Station Controller using Separation Control Method of Input Messages for Mobile Communication Systems

Jong-Kwon Won[†] · Woo-Goo Park^{††} · Sang-Ho Lee^{†††}

ABSTRACT

In this paper, we propose a control model which can control the burst input messages of the BSC(Base Station Controller) in mobile communication systems more efficiently and reliably, by dividing the input messages characteristically and using multiprocessor system.

Using M/M/c/K queueing model, we briefly analyze proposed model to get characteristic parameters which are required to performance improvement. On the base of the results, we compare our proposed model with the conventional one by using SLAM II with regard to the following factors: the call blocking rate of the input message, the distribution of average queue length, the utilization of process controller(server), and the distribution of average waiting time in queue.

In addition, we modified our model which has overload control function for burst input messages, and analyzed its performance.

† 정 회 원 : 배화여자대학 사무자동화과

†† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 기지국제어 S/W팀

††† 총신회원 : 충북대학교 컴퓨터 과학과

논문접수 : 1998년 9월 7일, 심사완료 : 1999년 1월 26일

1. 서 론

최근 이동통신 시스템에 대한 수요가 날로 확대되어 가입자가 98년 현재 약 700만 명에 다다르고 있는 실정이다. 이렇게 많은 가입자를 대상으로 하여 서비스를 제공해야 하는 이동통신 시스템은 가입자들의 다양한 호 접속 서비스를 만족해야 한다[1]. 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 특성에 따라 이동국에서 발생하는 발신호, 이동국으로 착신되는 착신호, 이동국이 다른 기지국으로 이동하여 발생하는 핸드오프호 등으로 구분되며, 유지보수 메시지는 기지국 및 제어국의 운용 및 유지보수에 사용된다.

기존 연구에서 제어국의 호 제어 프로세서는 단일 큐와 하나의 프로세서를 사용하여 입력되는 각종 메시지에 대한 서비스를 수행한다. 즉, 하나의 메시지가 입력되면 큐에 저장되고 저장된 큐는 우선 순위에 의해 서버 역할을 하는 프로세스 관리자가 관련 프로세스를 실행하여 서비스를 수행한다. 입력 메시지는 이동 가입자의 특성 및 이동 환경, 그리고 사회적인 요인에 의하여 순간적으로 다량 발생할 수 있다[3,4]. 제어국에 가해지는 이러한 입력 메시지는 호제어 프로세서에 대한 부하로 나타나며, 과도한 부하는 호제어 프로세서의 성능을 감소시키거나 다운(down)되어 순간적으로 제어 기능을 수행하지 못하는 상황을 초래할 수 있게 되며, 결국 호의 손실률이 증가되어 이동 가입자에 대한 서비스 품질을 저하시키는 요인이 된다. 그러므로 제어국에 가해지는 메시지를 특성에 따라 분리하여 각각에 알맞은 방식으로 제어함으로써 시스템의 신뢰성 및 이동 가입자에 대한 서비스 품질을 향상시키는 방법이 필요하다[5,6]. 그러나 제어국에 가해지는 입력 메시지를 메시지 특성에 따라 분리하고, 그에 적합한 제어를 수행하도록 하는 방법에 대한 연구는 아직까지 미비한 실정이다. 따라서 이 논문에서는 이동통신 시스템의 제어국에 순간적으로 가해지는 다량

의 입력 메시지에 대하여 효율적이고, 신뢰성 있는 제어를 위하여 제어국의 호 제어 프로세서에서 처리하는 입력 메시지를 메시지 특성에 따라 분리한 다음 다중 프로세서를 사용하여 제어하는 모델을 제안한다.

제안 모델의 성능 분석에 필요한 요소들의 특성을 사전에 파악하기 위하여 M/M/c/K 큐잉 모델을 이용하여 특성을 분석한다. 여기서 호 접속 관련 메시지의 호 손실률 증가에 직접적으로 영향을 미치는 요소는 운용 및 유지보수 메시지의 손실률 및 프로세서 사용률의 증가에 기인한다는 것을 알 수 있다. 따라서 제안 모델의 경우 과부하로 인하여 호 손실률이 증가하게 되면 다중 프로세서를 사용하여 운용 및 유지보수 메시지를 우선적으로 제어하고, 다음으로 호접속 관련 메시지를 제어하는 방법을 사용한다.

이 결과를 토대로 SLAM II를 이용하여 입력 메시지의 손실 확률, 큐의 평균 점유 길이의 분포, 프로세스 관리기(서버)의 점유율, 큐에서의 평균 대기 시간의 분포에 대하여 기존 모델과 제안 모델의 성능을 비교한다. 또한 과도한 입력 메시지로 인하여 과부하가 발생할 경우 두 메시지를 제어하는 기능을 제안 모델에 추가한 후 성능을 분석한다.

2. 제안 모델

2.1 기지국에서 발생하는 호 접속 관련 메시지의 특성
기지국 반경을 벗어나는 핸드오프 호(handoff call)를 위하여 CDMA 기본 채널은 미리 할당되어 있어야 한다[2,4]. 자원의 할당 여부에 따라 시도된 호 접속 관련 메시지의 처리를 담당하는 프로세스(call control process)가 완료되지 못하고 실패할 수 있다. 식(1)은 일반적으로 한 셀 내의 무선 채널의 가용도로서 사용 가능한 전체 채널 자원에 대하여 사용 가능한 발신호 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 자원 수이고, c_i 는 한 셀 내에서 사용 가능한 채널 자원의 총 수이며, $c_i(n-k)$ 는 가용 채널 자원의 총 수에서 핸드오프를 위해 선점된 비가용 자원의 수(k)를 삭제한 실제의 가용 자원을 의미한다. 식(1)에 따라서 자원의 할당 여부가 결정되어

결국 호가 시도된 후 성공 확률에 영향을 미치게 된다. 그러므로 핸드오프 호는 어떤 상황에서도 지속적으로 유지되어야 하므로 발신호에 비해서 매우 중요하다. 따라서 과부하가 발생할 경우 발신호부터 제어할 필요가 있다. 또한, 착신호는 교환국을 통하여 진입하는 호로 이미 회선을 할당 받아 정상 상태로 진입한 호이므로 발신호에 우선해서 서비스해야 한다. 이와 같이 핸드오프호 및 착신호는 발신호에 앞서 과부하 제어에 따른 호의 수락 여부가 결정된다[4].

2.2 운용 및 유지보수 관련 메시지의 특성

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 동적으로 관리, 제어하는 기능들이 존재하는 관계로 운용 메시지에 비해서 중요도가 매우 높다. 그러므로 과부하 발생 시 유지보수 > 운용 메시지의 우선 순위에 입각해서 제어한다.

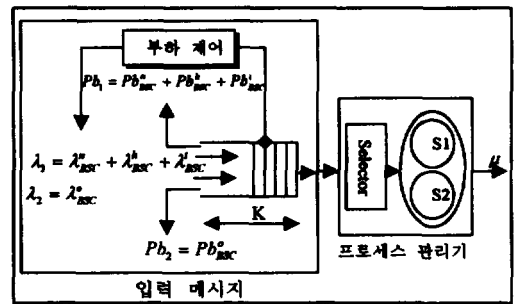
2.3 제안 모델의 구조 및 특성 분석

호제어 프로세서의 효율적이고 신뢰성 있는 동작과 호 접속 관련 메시지의 지속적인 유지를 위하여 호 접속 관련 메시지들에 대해 특성을 분석한 다음 큐잉 모델을 통하여 호제어 프로세서의 특성을 분석할 필요가 있다. 제어국 입장에서 입력되는 호 접속 관련 메시지는 서비스 지속시간 및 우선 순위에 따라 크게 기지국으로부터 진입하는 트래픽(λ_1) ($\lambda_1 = \lambda_{BSC}^o + \lambda_{BSC}^h + \lambda_{BSC}^i$) : 발신호(λ_{BSC}^o), 핸드오프 호(λ_{BSC}^h) 및 착신호(교환국 : λ_{BSC}^i)와 운용 및 유지보수(λ_{BSC}^u)와 관련된 메시지 등의 트래픽($\lambda_2 = \lambda_{BSC}^u$)으로 구분된다. 일반적으로 통신 시스템에서 운용 및 유지보수 메시지는 호 접속 관련 메시지에 비해 우선 순위가 낮게 설정되어 있지만 긴급한 유지보수 메시지의 경우 호 접속 관련 메시지에 앞서 실행이 되도록 설계한다. 그러나 이 논문의 제 3장에서는 큐잉 모델을 이용하여 입력 메시지간의 특성을 분석한 후 제어국이 과부하 상태에 도달할 수 있다는 특수한 상황을 고려하여 부하 제어시 운용 및 유지보수 메시지와 호 접속 관련 메시지간의 우선 순위를 어떻게 부여하여 제어할 것인지를 결정하여 이를 제안 모델의 상세 성능 분석에 활용하므로 긴급한 유

지보수 메시지의 우선순위를 호 접속 관련 메시지의 우선순위보다 낮다고 가정한다.

제안 시스템 모델에서는 모델링의 편리성을 위하여 3가지의 호 접속 관련 메시지와 2가지의 운용 및 유지보수 메시지를 묶어 두 가지 형태의 입력 메시지로 가정하여 시스템을 모델링 한다. 기지국 및 교환국으로부터의 호 접속 관련 메시지의 도착률을 메시지-1의 λ_1 이라고 하고, 운용 및 유지보수 메시지의 도착률을 메시지-2인 λ_2 라고 가정한다. 메시지-1은 실시간성(real-time property) 성질을 갖고 있으며, 메시지-2는 비실시간성(non-real-time property) 특성을 갖는다. 입력 트래픽은 모두 지수 분포(exponential distribution)를 지닌 도착률을 갖는 포아손(poisson) 모델로 분석 가정한다. 출력 측면에서도 큐 내에 트래픽이 존재해야만 해당 메시지가 프로세스 관리기로 부터 선점(preemption)되어 통화 시간(μ) 또는 처리 시간(process handling time) 동안에 작업을 수행하고 종료하므로 입력 측면과 같이 포아손 모델로 가정한다[7,8,9]. (그림 2-1)은 부하제어를 위한 제안 모델이다.

제안 모델은 크게 입력 메시지 관리기와 프로세스 관리기로 구분된다.



(그림 2-1) 부하제어를 위한 제안 모델

2.3.1 입력 메시지 관리기

입력 메시지 관리기는 기지국으로부터 입력되는 메시지에 대하여 메시지가 갖는 부하 특성을 고려하여 과부하 발생 시 부하 제어하는 역할을 수행한다. 즉, 기지국으로부터 입력되는 호 접속 관련 메시지가 손실될 확률, 운용 및 유지보수 관련 메시지의 손실될 확률 및 프로세서 관리기(서버)의 점유율을 고려하여 입력 메시지의 부하가 일정 수준 이상이 되어 메시지의 손실률이 상승하면 적절한 부하 제어를 수행하여 입력 메시지를 통제(수락 및 거절)함으로써 입력 메시지의 손실률을 낮추어

서 시스템의 신뢰성 및 서비스 향상을 도모해야 한다. 이때 입력 메시지가 갖는 특성 상 운용 및 유지보수 메시지에 대하여 우선적으로 부하를 제어하고 그래도 손실률이 저하되지 않으면 호 접속 관련 메시지에 대해서 부하 제어를 실시하여 손실률을 줄이도록 한다.

2.3.2 프로세스 관리기

프로세스 관리기는 큐에 저장된 입력 메시지를 우선순위에 입각하여 처리될 수 있도록 셀렉터로 보내지며, 셀렉터는 입력 메시지를 입력 패턴에 따라 구분하여 호 처리 프로세서에게 전달함으로써 호 접속 관련 메시지와 운용보전 관련 메시지를 구분하여 처리하는 프로세스를 실행하는 역할을 수행한다.

2.3.3 제안 모델의 특성 분석

두 메시지 간의 우선 순위를 고려한 다음 큐잉 모델을 이용하여 부하제어를 수행하는 방법에 대한 분석은 참고 문헌[12]에 근거하였다. 즉, 일반적인 우선 순위를 통한 큐잉 모델 분석은 많은 논문에서 이미 발표되었으나 다량의 입력 메시지에 대하여 적절한 부하제어를 수행하여 입력 메시지를 조절함으로써 호 제어 프로세서에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 입력 메시지에 대한 부하를 분석하고, 입력 메시지의 특성에 따라 분리한 다음 다중 프로세서를 사용하여 제어하는 방법에 대한 연구는 미흡한 실정으므로 이를 다루는 것이 이 연구의 목적이다. 이 연구에서는 분석의 편의를 도모하기 위하여 입력 트래픽과 통화 시간의 분포는 다르다고 가정한다. 먼저, 분석에 사용된 파라미터에 대하여 살펴보면

- P_n : 프로세서 내 n 개의 메시지가 존재할 안정상태 확률(steady-state probability)
- $P_n(t)$: 시간 t 에서 큐에 n 개의 메시지가 존재할 확률
- λ : 도착률
- λ_c : 허용 도착률($\lambda \leq \lambda_c$)
- c : 프로세서 수($c = 2$ 로 가정)
- μ : 서비스율
- ρ : 트래픽 밀도($\lambda/c\mu$)
- L : 시스템 내의 평균 메시지 개수
- W : 메시지 당 시스템의 평균 점유 시간
- K : 큐 길이

M/M/c/K 모델에서 호 제어 프로세서내에 n 개의 메시지가 존재할 확률(P_n)은 다음과 같다[7-12].

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} P_0 \quad (1 \leq n < c) \text{ 인 경우} \quad (2) \\
 &= \frac{\lambda^n}{c^{n-c}} c! \mu^n P_0 \quad (c \leq n < K) \text{ 인 경우} \\
 &= 0 \quad (n \geq K) \text{ 인 경우}
 \end{aligned}$$

(단, $n=0,1,2,3,\dots,K$ 이다.)

여기서 $\gamma = \lambda/\mu$ 라 하면, 트래픽밀도 $\rho = \lambda/c\mu$ 이다. 이때 $\rho \neq 1$ 라 하면, 프로세서 내 메시지가 존재하지 않을 확률(P_0)는

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\lambda^n}{n!} + \frac{\gamma^c}{c!} \frac{1-\rho^{K-c+1}}{1-\rho} \right)^{-1} \quad (3)$$

이다[7-12].

따라서 γ 이 증가하면(서비스 시간에 비해 도착률이 빨라짐) P_n 이 증가한다. 특히, 도착률이 허용 도착률보다 크면($\lambda_c < \lambda$), 시스템이 서비스할 수 없는 상태로 다음에 진입하는 입력 트래픽은 손실될 수밖에 없다. 따라서 허용 가능한 도착률(λ_c)은,

$$\begin{aligned}
 \lambda_c &= \lambda(1 - P_K) \\
 &= \lambda \left(1 - \frac{\lambda^K}{c^{K-c} c! \mu^K} \right) P_0 \quad (4)
 \end{aligned}$$

이므로 도착률에 메시지 도착 시 큐가 비어있을 확률을 곱한 값이 된다[7,8,11,12]. 그러므로 기지국으로부터의 호 접속 관련 메시지의 입력 트래픽 도착률에 대한 손실률(Pb_1)은 큐가 λ_1 으로 가득찬 확률과 동일하므로, 식(2)와 식(3)과 참고문헌[12]에서 유도된 식을 참조하여 호 접속 관련 메시지의 손실율은 식(5)와 같이 구할 수 있다.

$$Pb_1 = \frac{\lambda_1^K}{c^{K-c} c! \mu^K} P_0 \quad (5)$$

운용 및 유지보수 메시지의 입력 트래픽에 대한 손실률(Pb_2)는 큐가 λ_1 과 λ_2 로 가득찬 확률과 동일하므로 식(2)과 식(3)과 참고문헌[12]에서 유도된 식을 참조하여 다음과 같이 정의할 수 있다[7-12].

$$Pb_1 = \frac{\lambda_1^K}{c^{K-c} c! \mu^K} P_0 \quad (6)$$

(단, $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$ 이다.)

이때, λ_1 과 λ_2 에 대하여 $\gamma_1 = \lambda_1/\mu$, $\rho_1 = \lambda_1/c\mu$ 이고, $\gamma_2 = \lambda/\mu$, $\rho_2 = \lambda/c\mu$ 이다.

따라서 제어국의 호 제어 프로세서의 큐에 존재하는 평균 메시지 길이(L_{q1})를 도착률 λ_1 , λ_2 에 대하여 구하면

$$L_{q1} = \frac{P_0 \gamma_1 \rho_1}{c!(1-\rho_1)^2} [1 - \rho_1^{K-c+1} - (1-\rho_1)(K-c+1)\rho_1^{K-c}] \quad (7)$$

$$L_{q2} = \frac{P_0 \gamma_2 \rho_2}{c!(1-\rho_2)^2} [1 - \rho_2^{K-c+1} - (1-\rho_2)(K-c+1)\rho_2^{K-c}] \quad (8)$$

이다.

제어국의 호 제어 프로세서에 존재하는 평균 메시지의 길이(L_i)는 도착률 λ_1 , λ_2 에 대하여 식(2), 식(3), 식(4), 식(6), 식(7), 식(8)에 의하여

$$L_1 = L_{q1} + \gamma_1(1 - P_K) \quad (9)$$

$$L_2 = L_{q2} + \gamma_2(1 - P_K) \quad (10)$$

이다. 또한 트래픽의 평균 점유 시간은 Little's Law를 이용하여 구할 수 있다[7,8]. 흐름 보존 법칙에 의하면 시간당 도착률은 호제어 프로세서내의 평균 메시지 수와 동일하므로 $\sum_{i=1}^N W_i = \int_0^T L(t)dt$ 이다.

그러므로 평균 대기 시간 W_1 , W_2 는 식(11)과 같다 [7-12].

$$W_1 = \frac{L_1}{\lambda_e} = \frac{L_1}{\lambda_1(1 - P_K)} \quad (11)$$

$$W_2 = \frac{L_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

3. 큐잉 모델에 의한 특성 분석

3.1 분석에 필요한 가정

기지국에서 발생하여 제어국으로 입력되는 이질적인 메시지에 대하여 M/M/c/k 큐잉 모델을 이용하여 제안 모델의 성능 분석에 필요한 요소들의 특성을 사전에 파악하기 위하여 다음과 같이 가정한다. 즉 호제어 프로세서에서 처리하는 메시지를 두 가지의 형태(메시지-1 : 호 접속 관련 메시지, 메시지-2 : 운용 및 유지보수 메시

지)로 큐에 진입시키고, 진입한 메시지를 프로세스 관리기에 의해 FIFO 형태로 서비스할 때, 큐의 점유율과 그 때의 호손실에 대하여 특성을 분석하였다. 특성 분석은 큐의 최대 서비스 길이를 10부터 170까지 40씩 증가시키고, 입력 메시지 부하는 20%부터 150%까지 150%의 부하를 갖도록 10%씩 선형적으로 증가시키며 수행한다. 여기서 메시지의 도착률은 포아송(poisson) 분포를 따르고, 평균 서비스 시간은 (메시지-1 : 100초, 메시지-2 : 메시지-1의 약 10%)의 지수분포를 지닌다고 가정한다. 메시지-2의 평균 서비스 시간을 메시지-1의 10%로 가정한 것에 대한 공식적인 데이터는 현재 알려진 바가 없지만 실지의 시스템을 STP(System Test Plant)에서 실측한 자료에 따라 가정하였다. 즉, 메시지-2는 메시지-1에 비해 단 기간에 동작하는데 하나의 운용 및 유지 보수 처리 시간(서비스 시간)은 보통 짧게는 1초 이내로부터(데이터 검색 및 갱신, 상태 및 장애 처리 기능) 길게는 1분(통제 및 측정, 시험 기능) 정도가 사용된다. 따라서 평균하여 약 10초(메시지-1의 10%)로 가정하였다. 따라서 (그림 3-1)부터 (그림 3-2)까지 나타난 트래픽 밀도(offered load)는 $\lambda_2 = \lambda * 0.1$, $\lambda_1 = \lambda - \lambda_2$ 로 가정한다. 이와 같은 값에 의해 트래픽 밀도가 0.18에서 1.45 사이에서 측정되게 하였다. 즉, λ_1 의 트래픽 밀도가 0.18이면 λ_2 는 0.2이고, Erlang은 0.18이 된다. 이동통신 시스템의 제어국에 과부하를 발생시키는 요소들을 파악하기 위하여 분석해야 될 파라미터는 다음과 같다.

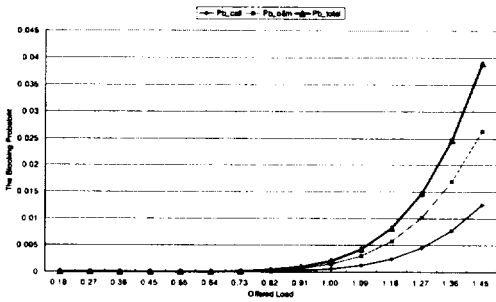
- (1) 입력 메시지의 손실 확률
- (2) 프로세스 관리기(서버)의 점유율
- (3) 메시지-1과 메시지-2의 성능 비교

3.2 과부하 발생 요소 분석

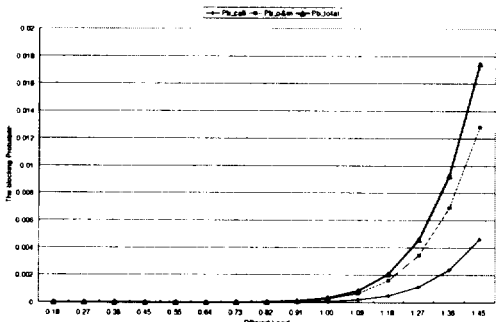
3.2.1 입력 메시지의 손실 확률

메시지의 도착률에 따른 입력 메시지의 손실 확률을 큐 길이를 10과 170일 때 해석한 결과 입력 메시지의 부하가 0.81까지는 서비스 유지 시간보다 호의 도착률이 작아서 손실률이 거의 0에 가까우나 0.81을 넘어서 부터 과부하가 발생됨으로 인하여 손실률이 급격히 증가된다. 따라서 메시지의 손실률을 최소한으로 감소시키기 위하여 기준부하(0.81)을 초과하는 경우 입력 메시지에 대하여 부하를 제어 할 필요가 있다. 이때 메시지-2의 손실률($P_{b_o\&m}$)이 메시지-1의 손실률(P_{b_call})보다 크므로 메시지-2에 대한 효율적인 제어가 제어국

의 성능 개선에 주된 요인임을 알 수 있다. 또한 큐 길이가 170인 경우 입력 메시지 부하가 기준부하(0.91) 이상 커지면 입력 메시지의 특성을 고려하여 메시지-2에 대하여 우선적으로 제어를 해야 함을 알 수 있다.



(a) 큐 길이가 = 10인 경우

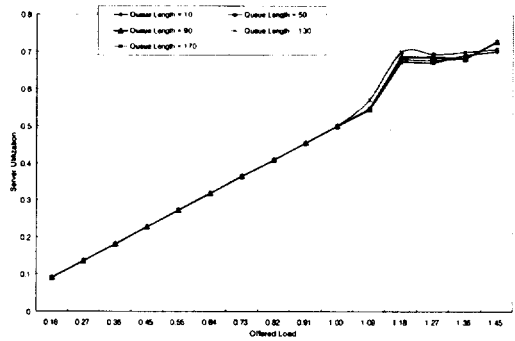


(b) 큐의 길이가 = 170인 경우

(그림 3-1) 입력 메시지 손실 확률

3.2.2 프로세서 관리기(서버)의 점유율

메시지의 도착률에 따른 입력 서비스에 대한 서버의 점유율 분포를 알아보기 위하여 큐 길이를 10에서 170까지 40씩 증가시키면서 해석한 결과는 (그림 3-2)와 같다. 이 결과로부터 프로세서(서버)의 점유율은 큐 길이에 상관없이 일정하며, 입력 서비스의 부하가 0.18에서 1.09까지는 단조 증가하나, 1.09 이상에서는 0.7로 포화상태(saturation) 됨을 보이고 있다. 분석 결과, 프로세서 점유율이 제어국의 성능 척도에 주된 요인으로 작용하므로 입력 메시지를 특성을 따라 분리한 다음 다중 프로세서를 사용하여 부하를 제어함으로써 프로세서 점유율을 줄일 수 있음을 알 수 있다.



(그림 3-2) 프로세서 관리기(서버)의 점유율

<표 3-1> 메시지-1과 메시지-2의 비교 ($\mu_1/\mu_2=0.1$)

메시지-1(call connection oriented message)			메시지-2(O&M message)		
트래픽 밀도 $\rho = \lambda_1/c\mu_1$	Pb_call	P0_call	트래픽 밀도 $\rho = \lambda_2/c\mu_2$	Pb_o&m	P0_o&m
0.090000	0.000000	0.834862	0.100000	0.000000	0.818182
0.135000	0.000000	0.762115	0.150000	0.000000	0.739130
0.180000	0.000000	0.694915	0.200000	0.000000	0.666667
0.225000	0.000000	0.632653	0.250000	0.000001	0.600000
0.270000	0.000002	0.574804	0.300000	0.000006	0.538463
0.315000	0.000010	0.520915	0.350000	0.000027	0.481488
0.360000	0.000034	0.470597	0.400000	0.000090	0.428597
0.405000	0.000101	0.423517	0.450000	0.000258	0.379391
0.450000	0.000258	0.379391	0.500000	0.000651	0.333550
0.495000	0.000597	0.337990	0.550000	0.001473	0.290845
0.540000	0.001261	0.299144	0.600000	0.003037	0.251139
0.585000	0.002467	0.262740	0.650000	0.005773	0.214395
0.630000	0.004506	0.228735	0.700000	0.010207	0.180674
0.675000	0.007742	0.197150	0.750000	0.016906	0.150102
0.720000	0.012584	0.168058	0.800000	0.026379	0.122835

3.2.3 메시지-1과 메시지-2의 비교

<표 3-1>, <표 3-2>, <표 3-3>은 메시지-과 메시지-2에 대한 M/M/c/K 큐잉 모델의 성능 비교에 대한 것이다. 해석 파라메터로서 메시지-1의 점유 시간을 100초로하고, 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 20초

까지 확장될 때 처음에는 메시지-1의 부하가 메시지-2의 부하보다 적으므로 메시지-2의 손실률(Pb_o&m)에 비해 커지나, 메시지-2의 점유 시간이 길어질수록 메시지-1의 손실률이 증가하게 된다. 이와 같은 특성을 고려하여 메시지-2의 점유 시간이 길어지게 되면 메시지-2에 대한 부하 제어를 통하여 메시지-1의 손실률이 커지는 것을 방지해야 함을 알 수 있다. 따라서 제안 모델의 경우 과부하가 발생할 때 우선적으로 메시지-2에 대하여 부하를 제어하도록 한다.

<표 3-2 > 메시지-1과 메시지-2의 비교($\mu_1/\mu_2=0.15$)

메시지-1 (call connection oriented message)			메시지-2 (O&M message)		
트래픽 밀도 $\rho = \lambda_1/c\mu_1$	Pb_call	P0_call	트래픽 밀도 $\rho = \lambda_2/c\mu_2$	Pb_o&m	P0_o&m
0.090000	0.000000	0.834862	0.066667	0.000000	0.875000
0.135000	0.000000	0.762115	0.100000	0.000000	0.818182
0.180000	0.000000	0.694915	0.133333	0.000000	0.764706
0.225000	0.000000	0.632653	0.166667	0.000000	0.714286
0.270000	0.000002	0.574804	0.200000	0.000000	0.666667
0.315000	0.000010	0.520915	0.233333	0.000001	0.621622
0.360000	0.000034	0.470597	0.266667	0.000002	0.578948
0.405000	0.000101	0.423517	0.300000	0.000006	0.538463
0.450000	0.000258	0.379391	0.333333	0.000017	0.500004
0.495000	0.000597	0.337990	0.366667	0.000041	0.463426
0.540000	0.001261	0.299144	0.400000	0.000090	0.428597
0.585000	0.002467	0.262740	0.433333	0.000185	0.395405
0.630000	0.004506	0.228735	0.466667	0.000356	0.363750
0.675000	0.007742	0.197150	0.500000	0.000651	0.333550
0.720000	0.012584	0.168058	0.533333	0.001135	0.304743

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

메시지-1 (call connection oriented message)			메시지-2 (O&M message)		
트래픽 밀도 $\rho = \lambda_1/c\mu_1$	Pb_call	P0_call	트래픽 밀도 $\rho = \lambda_2/c\mu_2$	Pb_o&m	P0_o&m
0.090000	0.000000	0.834862	0.050000	0.000000	0.904762
0.135000	0.000000	0.762115	0.075000	0.000000	0.860465
0.180000	0.000000	0.694915	0.100000	0.000000	0.818182
0.225000	0.000000	0.632653	0.125000	0.000000	0.777778
0.270000	0.000002	0.574804	0.150000	0.000000	0.739130
0.315000	0.000010	0.520915	0.175000	0.000000	0.702128
0.360000	0.000034	0.470597	0.200000	0.000000	0.666667
0.405000	0.000101	0.423517	0.225000	0.000000	0.632653
0.450000	0.000258	0.379391	0.250000	0.000001	0.600000
0.495000	0.000597	0.337990	0.275000	0.000003	0.568628
0.540000	0.001261	0.299144	0.300000	0.000006	0.538463
0.585000	0.002467	0.262740	0.325000	0.000013	0.509437
0.630000	0.004506	0.228735	0.350000	0.000027	0.481488
0.675000	0.007742	0.197150	0.375000	0.000050	0.454559
0.720000	0.012584	0.168058	0.400000	0.000090	0.428597

3.2.4 분석 결과 검토

M/M/c/K 큐잉 모델을 이용하여 각각의 입력 메시지에 대하여 제안 모델의 성능분석에 필요한 요소들을 분석한 결과는 <표 3-4>와 같다.

4. 시뮬레이션을 통한 성능 비교

제 3장에서는 큐잉 모델을 이용하여 제안 모델의 성능분석에 필요한 요소들의 특성을 사전에 분석하였다. 이 결과를 토대로 SLAM II를 이용하여 제안 모델을 표현하고 시뮬레이션을 수행하여 기존 모델과 성능을 비교한다.

4.1 시뮬레이션 환경 및 파라미터

4.1.1 기존 모델의 환경

기존 모델은 기지국에서 포아손 분포 형태로 입력 메시지를 발생한다. 발생한 메시지는 메시지 특성에 대한 고려 없이 입력되며, 입력된 메시지는 제어국 내의 호처리 프로세서에 의하여 처리되기 위해 큐에서 대기한다. 따라서 큐에서 대기 중인 입력 메시지는 하나의 호처리 프로세서를 사용하여 큐에서 대기 중인 메시지를 FIFO 형태로 처리한다. 이 모델의 경우 큐의 점유율이 90% 이상이 되면 입력 메시지는 메시지 종류에 상관없이 큐에 진입하지 못하고 거절(reject)된다[4].

4.1.2 제안 모델의 환경

제안 모델은 (그림 4-1)과 같이 기지국에서 포아손 분포 형태로 발생한 입력 메시지는 호 제어 프로세서에 의하여 처리되기 위해 큐에 입력된다. 큐에서 대기 중인 입력 메시지는 4.3절의 시뮬레이션 절차에 의하여 다중 프로세서를 사용하여 처리한다. 제안 모델은 기존 모델과 성능을 비교하기 위하여 부하 제어 기능

은 수행하지 않는다고 가정한다.

4.1.3 분석 파라미터

기존 모델과 제안 모델의 성능을 비교하기 위한 분석 파라미터는 다음과 같다.

- (1) 호 손실률(call blocking rate)
- (2) 큐의 평균점유 길이
- (3) 프로세서 관리자(서버)의 점유율
- (4) 큐에서의 평균 대기시간

4.2 시뮬레이션에 대한 가정

기존 모델과 제안 모델에 대한 성능을 비교 분석하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

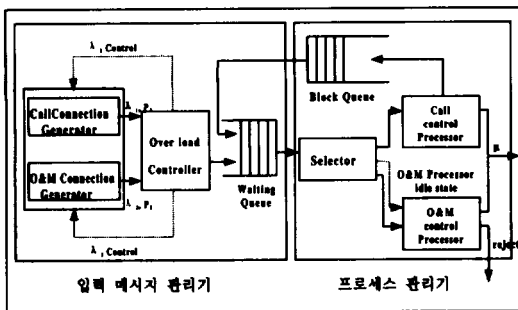
- (1) 입력 메시지의 도착분포
기지국에서 발생되어 제어국 내의 메시지 대기 큐에 도달하는 입력 메시지는 포아손 분포 형태로 도착한다.
 $\lambda_2 = \lambda * 0.1, \lambda_1 = \lambda - \lambda_2$
 λ_1 : 호 접속 관련 메시지 도착률
 λ_2 : 운용 및 유지보수 관련 메시지 도착률
- (2) 큐의 길이는 1000개로 가정한다.
- (3) 입력 메시지에 대한 부하율은 20%부터 150%까지 10%씩 증가시킨다.
- (4) 평균통화시간(average holding time) μ 은 100초로 가정
 μ_1 : 호 접속 관련 메시지의 서비스 시간
 μ_2 : 운용 및 유지보수 관련 메시지의 서비스 시간
 $\mu_2 = \mu_1 * 0.1$
 $\mu = \mu_1 + \mu_2$

<표 3-4> 큐잉모델을 이용한 분석 결과

분석요소	분석 결과	제어 방법
입력메시지 손실 확률	입력 메시지 부하가 0.81 이상에서는 호 손실률이 급격히 증가	메시지-2를 우선적으로 제어하고 난 다음 메시지-1을 제어
프로세서 관리자(서버) 점유율	큐의 길이에 상관없이 프로세서 관리자의 점유율은 일정	프로세서 점유율이 1.0 이하가 되도록 부하 제어
메시지-1과 메시지-2의 성능비교	메시지-2의 프로세서 점유시간의 증가로 인하여 메시지-1에 대한 호 손실률 증가	메시지-2에 대하여 우선적으로 제어

4.3 시뮬레이션 모델 및 절차

기존 모델과 성능을 비교하기 위한 시뮬레이션 모델은 (그림 4-1)과 같다. (그림 4-1)은 기지국에서 포아송 분포 형태로 발생하여 호 제어 프로세서에 의해 처리되는 메시지를 두 가지 형태(호 접속 관련 메시지와 운용 및 유지보수 관련 메시지)로 분리하여 큐에 진입시킨다. 큐에 진입한 입력 메시지는 큐에서 대기하다가 프로세서 관리기 내의 선택터(selector)에 의하여 유휴(idle) 상태인 프로세서에 의하여 FIFO 형태로 서비스 받을 수 있도록 한다.



(그림 4-1) 시뮬레이션 모델

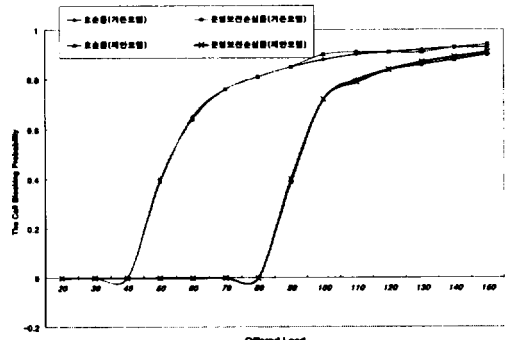
다중 프로세서에 의하여 입력 메시지에 대한 서비스를 수행하는 도중 프로세서 사용율(processor utilization)이 포화 상태에 도달하면 큐에서 대기 중인 입력 메시지는 서비스 받지 못하고 큐를 점유하고 있다. 따라서 큐를 점유하는 입력 메시지 수가 큐의 전체 크기의 90% 이상이 될 경우 새로운 입력 메시지는 큐에 진입하지 못하게 된다. 이때 진입하지 못하고 블러킹되는 메시지가 호 접속 관련 메시지이면 이 메시지는 다시 처리되기 위하여 블록 큐(block queue)에서 대기하다가 일정 시간이 지난 후 대기 큐(waiting queue)에 진입시키지만, 운용 및 유지 보수 관련 메시지이면 거절(reject) 시키도록 가정한다.

4.4 시뮬레이션 분석 요소 및 결과

4.4.1 호 손실률(call blocking rate)

입력 메시지의 도착률 및 서비스 시간에 따라 입력 메시지 중에서 제한된 큐의 길이로 인하여 처리되지 못하고 블러킹 되는 메시지의 호 손실률은 (그림 4-2)와 같다. 기존모델의 경우에는 입력 부하가 40% 이상이 되면 호 손실률이 급격히 증가함을 나타낸다[4]. 그러나

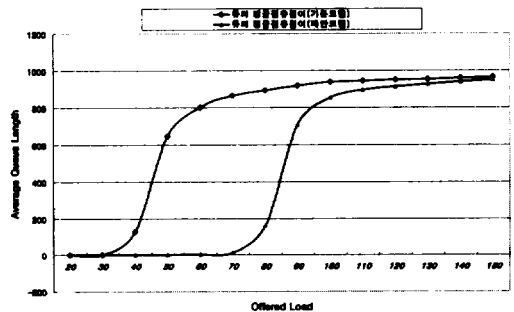
제안 모델의 경우에는 입력 부하가 80%에 도달하기까지는 거의 0에 가까우나 입력부하가 80% 이상이 되면 호 손실률이 급격히 증가됨을 알 수 있다. 그러므로 제안 모델과 같이 입력 메시지를 분리한 다음 다중 프로세서를 사용하여 서비스를 수행하면 호 수락률이 기존 모델에 비하여 약 2배정도 증가하는 것을 알 수 있다.



(그림 4-2) 호 손실률

4.4.2 큐의 평균 점유 길이

입력 메시지의 도착률과 서비스 시간에 따른 큐의 평균 점유길이는 (그림 4-3)과 같다. 기존 모델의 경우에는 입력 부하가 30% 이상이 되면 큐의 평균 점유율이 급격히 증가한다.



(그림 4-3) 큐의 평균 점유길이

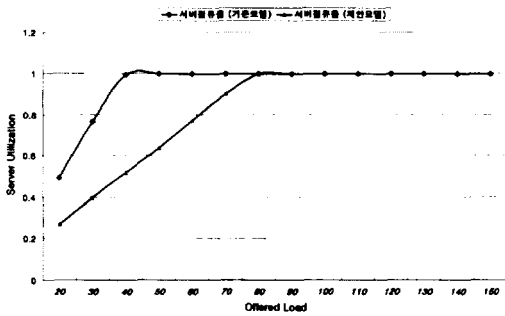
그러나 제안모델의 경우 입력 부하가 70%에 도달하기까지는 거의 0에 가까우나 70% 이상이되면 급격히 증가함을 나타낸다. 특히 제안모델의 경우 입력 부하가 80%에서 90%에 도달하는 순간 큐의 평균 점유길이의 상승도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 제안모델이 다중 프로세서를 사용하여 입력 메시지를 처리함으로써 발생하는 현상임을 알 수 있다.

즉, 다중 프로세서를 사용함으로써 프로세서 간의 정

보교환, 공유 메모리 사용 그리고 프로세서와 메모리 간의 정보 교환 시 고정된 버스(bus) 폭으로 인한 병목현상(bottleneck) 등의 결과로 볼 수 있다. 그러나 전반적으로 제안 모델이 기존 모델보다 큐의 평균 점유 길이에 있어서 약 1/2 정도 적게 점유하고 있다는 것을 알 수 있다.

4.4.3 프로세서 관리기(서버)의 점유율

입력 메시지 도착률에 따른 서비스에 대한 프로세서 관리기(서버)의 점유율은 (그림 4-4)와 같다. 기존 모델의 경우 프로세서 점유율은 입력 부하가 40% 이상이 되면 프로세서 점유율이 1.0에 도달하여 포화상태(saturation)에 이르고, 이에 따라 호 수락률은 급격히 감소하게 된다. 그러나 제안 모델의 경우 입력 부하가 80% 이상 될 때 비로서 포화상태에 도달한다.



(그림 4-4) 프로세서 관리기(서버) 점유율

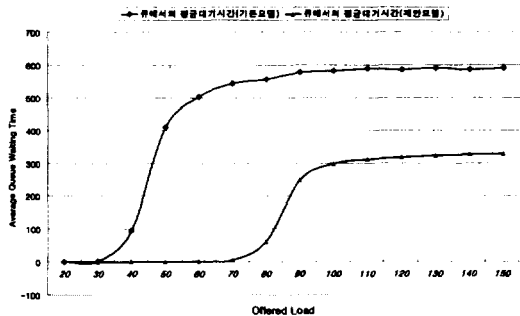
(그림 4-4)에서 기존 모델의 경우 프로세서 점유율의 증가 폭은 입력 부하가 10% 증가할 때(입력 부하가 20에서 40 사이)에 프로세서 점유율의 상승도는 약 0.25 씩 증가하며, 입력 부하가 40% 이상이 되면 포화상태에 도달한다. 그러나 제안 모델의 경우 입력 부하가 10% 증가 할 때(입력 부하가 20에서 80사이) 프로세서

서 점유율의 상승도는 0.1씩 증가하며, 입력 부하가 80% 이상이 되면 포화상태에 도달함을 알 수 있다. 따라서 제안모델은 다중 프로세서를 사용하여 입력 메시지에 대한 서비스를 수행함으로써 기존 모델에 비해서 프로세서 점유율이 약 1/2 정도 줄어드는 것을 알 수 있다.

4.4.4 큐에서의 평균 대기 시간

입력 메시지에 도착률에 따른 서비스에 대한 큐의 평균 대기 시간은 (그림 4-5)와 같다.

기존 모델의 경우 입력 부하가 30%까지는 입력 메시지에 비하여 큐의 길이가 크기 때문에 큐에서 대기하는 시간은 거의 0에 가까우나 30% 이상이 되면 급격히 증가함을 나타낸다. 그러나 제안 모델의 경우 입력 부하가 70% 이상인 경우 급격히 증가함을 알 수 있다.



(그림 4-5) 큐에서의 평균 대기 시간

여기서 기존 모델의 경우 큐에서 평균 대기 시간의 상승도가 가장 클 때(입력 부하가 40에서 60 사이)에 평균 150초 정도 큐에서 대기하며, 제안 모델의 경우 상승도(기울기)가 가장 클 때(입력 부하가 80에서 100 사이) 평균 90초 정도 대기하는 것으로 알 수 있다. 그러므로 제안 모델과 같이 입력 메시지의 특성을 고려

<표 4-1> 시뮬레이션 결과 비교

분석요소	기존 모델	제안 모델	성능측도
호 손실률	입력부하가 40% 이상 되면 급격히 증가	입력부하가 80% 이상인 경우 급격히 증가	호 수락률 2배 증가
큐의 평균 점유 길이	입력부하가 30% 이상이 되면 급격히 증가	입력부하가 80% 이상이 되면 급격히 증가	큐 점유율이 1/2로 감소
프로세서 점유율	입력부하가 40% 이상이면 포화 상태에 도달	입력부하가 80% 이상이 되면 포화 상태에 도달	서비스율이 1.5배 증가
큐에서의 평균 대기 시간	입력부하가 30% 이상이 되면 급격히 증가	입력부하가 80% 이상이 되면 급격히 증가	대기 시간이 1.6배 감소

한 다음 다중 프로세서를 사용하여 처리함으로써 큐에서의 평균 대기 시간이 약 1.6배 감소함을 알 수 있다.

4.4.5 결과 분석

제안 모델에 대하여 시뮬레이션을 수행하여 기존 모델과 성능을 비교한 결과는 앞의 <표 4-1>과 같다.

5. 과부하 제어 모델의 성능 분석

제 4장에서 성능 분석 결과 제안 모델의 경우 대체로 입력 부하가 80% 이상이 되면 과부하가 발생함을 알 수 있다. 따라서 서비스 받지 못하는 메시지 수가 증가하여 호수락률이 급격히 감소하게 된다. 그러므로 이 연구에서는 입력 부하가 80% 이상이 되면 과부하로 판단하여 (그림 4-1)과 같이 부하제어 기능을 추가한 모델을 제시하고, 참고문헌[4]의 알고리즘을 이용하여 부하를 제어(일정 비율로 호를 수락, 또는 거절)하여 보다 안정적인 상태로 서비스를 제공하는데 필요한 성능을 분석한다.

부하 제어에 의한 제안 모델의 성능을 분석하기 위하여 SLAM II을 이용하여 입력 부하를 20%에서 최대 150%까지 10%씩 증가시키면서 호 수락률 및 큐 사용률에 대하여 성능 분석을 수행한다[7,14].

5.1 성능 분석에 필요한 환경 및 파라미터

5.1.1 성능 분석 환경

특성 해석에 필요한 환경 및 가정은 제 4장과 동일하다.

5.1.2 분석용 파라미터

- (1) 호 수락률
- (2) 큐 사용률(Queue utilization)

5.2 호 수락률 및 큐 사용률 분석

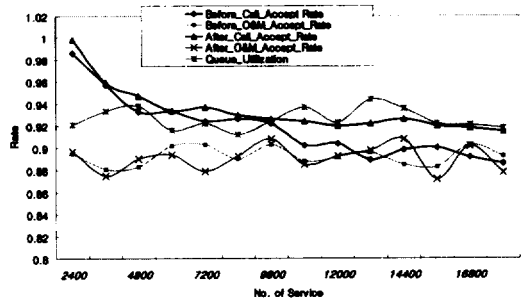
5.2.1 호 수락률 분석

(그림 5-1)은 호 접속 관련 메시지에 대한 수락률을 90% 정하고, 운용 및 유지 보수 메시지에 대한 수락률을 90%로 정하여 시뮬레이션을 수행한 결과이다. (그림 5-1)에서 입력 메시지에 대한 부하가 증가하여 과부하가 발생할 경우 과부하를 제어하기 이전(Before_Call_Accept_Rate)에는 호 수락률이 감소함을 나타낸다. 이때 제 4장의 분석 결과에 따라 운용 및 유지보

수 관련 메시지를 일정한 비율로 제어함으로써 호 접속 관련 메시지의 수락률이 점차적으로 증가(After_Call_Accept_Rate)하는 것을 알 수 있다.

5.2.2 큐 사용률 분석

입력 메시지에 대한 부하가 증가할수록 큐 사용률은 증가되고 상대적으로 호 수락률이 급격히 감소함을 알 수 있다. 그러므로 과부하가 발생할 경우 제안 모델을 이용하여 입력 메시지 특성에 따라서 분리한 다음 다중 프로세서를 사용하여 부하를 제어한다면 호 수락률은 증가시키면서 큐 사용률을 줄여준다는 것을 알 수 있다.



(그림 5-1) 호 수락률 및 큐 사용률

5.3 성능분석 결과

입력 메시지의 증가로 인하여 과부하 발생 시 입력 메시지의 특성을 고려하여 분리한 다음 다중 프로세서를 사용하여 부하를 제어하면서 성능분석을 수행한 결과 호 접속 관련 메시지의 호 수락률에 직접적인 영향을 주는 요소는 운용 및 유지 보수 관련 메시지임을 알 수 있다. 따라서 입력 메시지를 특성에 따라 분리한 후 다중 프로세서를 사용하여 처리한다면 과부하가 발생할 경우 능동적으로 대처가 가능하며, 동시에 호 수락률은 증대된다.

성능 분석 결과, 제안 모델에 부하 제어 기능을 추가한 후 부하를 제어하면서 시뮬레이션을 수행한 결과 호 수락률이 0.9 이내, 큐 사용률은 0.9 이내에서 안정된 상태를 나타내고 있다. 따라서 제안 모델은 순간적으로 발생하는 과도한 입력 메시지로 인하여 과부하가 발생할 경우 이를 적절하게 제어함으로써 이동통신 가입자에게 안정적인 서비스를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

6. 결 론

이 논문에서는 이동통신 시스템의 제어국내의 호제어 프로세서에 순간적으로 다량 발생하는 입력 메시지에 대하여 효율적이고 신뢰성 있는 부하 제어를 위하여 호 제어 프로세서에서 처리하는 입력 메시지를 발신호, 착신호, 핸드오프 호 등의 호 접속 관련 메시지와 운용 및 유지보수에 관련된 운용보전 메시지의 두 가지 형태로 구분한 다음 두 입력 메시지가 갖는 특성을 분석하고, 그 특성에 따라서 메시지별로 분리 후 다중프로세서를 사용하여 제어하는 모델을 제안하였다.

제안 모델의 성능 분석에 필요한 요소들의 특성들 사전에 파악하기 위하여 M/M/c/K 큐잉 모델을 이용하여 특성을 분석하였다. 이 결과를 토대로 SLAM II를 이용하여 입력 메시지의 손실확률, 큐의 평균 점유길이의 분포, 프로세서 관리기(서버)의 점유율, 큐에서의 평균 대기시간의 분포에 대하여 기존 모델과 성능을 비교했다.

성능 분석 결과 제안 모델은 기존 모델에 비하여 평균적으로 2배 이상이 성능이 개선된 것을 알 수 있었다. 그러나 제안 모델의 경우에 주어진 큐 길이에서 입력 메시지의 증가로 인하여 입력 부하가 0.80 이상이 되면 실행하지 못하는 메시지가 순간적으로 증가하므로 과부하 제어가 필요함을 알 수 있다. 따라서 과도한 입력 메시지로 인하여 과부하가 발생할 경우 두 입력 메시지에 대한 부하 제어 기능을 추가한 모델을 이용하여 성능을 분석하기 위하여 입력 부하를 20%에서 최대 150%까지 10%씩 증가시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 수행 결과 순간적인 입력 메시지 수의 증가로 인하여 과부하가 발생할 경우 부하 제어 기능을 수행함으로써 호 수락율(call admission rate)은 0.9 이내에서 안정상태(saturation)를 보이고, 큐의 사용율(queue utilization) 역시 0.9 이내에서 안정적인 상태를 유지하는 것을 알 수 있다.

제안 모델은 두 메시지간의 도착률 및 평균 서비스시간의 변화에 따라 손실률의 정도를 확인하여 부하 제어 시 메시지의 거절 비율을 산출 가능하므로 실제의 시스템 적용 시에 기지국에서 발생하여 제어국으로 입력되는 호 접속 관련 메시지의 호 손실률을 최소화할 수 있다. 결국 입력되는 메시지에 대하여 메시지 특성을 고려하여 분리한 후 다중 프로세서를 사용하여

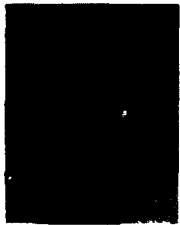
부하는 제어하는 방법은 이동통신 시스템의 각종 메시지를 처리하는 호제어 프로세서 설계에 적용 가능하다고 판단된다.

앞으로의 연구 방향은 두 개의 분리된 큐(queue)와 다중 프로세서를 이용하여 과부하를 제어하는 모델을 설계하고 구현하는 것이다.

참 고 문 헌

- [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 (ICEIC 95)*, 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 적용적 과부하 제어 기법", *한국정보과학회논문지(A)*, 제23권, 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-CSCC'96*, 1996, pp.1055-1058.
- [7] 이호우, *대기 행렬 이론(확률 과정론적 분석)*, 시그마프레스, 1998.
- [8] L. Kleinrock, 'Queuing System, Vol.I,' John Wiley & Sons, New York, 1975.
- [9] Donald Gross and Carl M. Harris, 'Fundamentals of Queuing Theory(3ed),' John Wiley & Sons, New York, 1998.

- [10] Anold O. Allen, 'Probability, statistics, and Queuing theory with computer science applications,' Academic press, New York, 1990.
- [11] A. Alan B. Pritsker, Introduction to Simulation and SLAM II, A Halsted press Book, 1995.
- [12] 최중연구 보고서, Network Management 프로토콜 구조 및 성능분석 연구, ETRI, May, 1996.



원 증 권

e-mail : jkwon@baewha.ac.kr
 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 사무자동화과 조교수
 관심분야 : CDMA 이동통신, 트래픽 제어, 시뮬레이션 등



박 우 구

e-mail : wgpark@etri.re.kr
 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 한국전자통신연구소 기지국 제어 S/W 팀 책임연구원, 정보처리 기술사

관심분야 : CDMA 이동통신, 무선 멀티미디어, 트래픽 제어, 프로토콜공학, 시뮬레이션 등



이 상 호

e-mail : shlee@cbucc.chungbuk.ac.kr
 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 8월 캐나다 UBC 방문연구원
 1994년 9월~1998년 8월 충북대학교 전자계산소 소장
 1981년~현재 충북대학교 컴퓨터학과 교수

관심분야 : 프로토콜 공학, 시뮬레이션, 소프트웨어 공학 등