

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭВМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

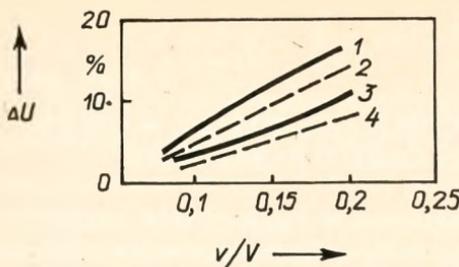
В данной статье исследуется чувствительность характеристик стохастических сетевых моделей производительности ЭВМ общего назначения к факторам, определяющим их точность: к степени детализации представления в модели структуры и режима функционирования ЭВМ. Исследования проводились путем последовательного упрощения принятых за эталон сбалансированных стохастических сетей, построенных на основе модели с центральным обслуживающим прибором (ЦОП) [1, 2]. Помимо процессора и устройства ввода-вывода, в них воспроизводились аспекты функционирования ЭВМ общего назначения (ОН), допустимые аппаратом имитационного моделирования с помощью языка GPSS [2]: имитировались узлы типа "память", процессы и дисциплины обслуживания запросов в системе ввода-вывода. Сеть считалась сбалансированной при равенстве коэффициентов загрузок узлов. Определялось влияние на точность моделирования ЭВМ (оценка пропускной способности λ , время пребывания задач в ЭВМ U и коэффициенты загрузки устройств ρ): погрешностей задания средних значений ϑ длительностей обслуживания заявок в узлах модели и коэффициентов вариации законов обслуживания ν ; упрощенного учета емкостей узлов памяти; уровня детализации процессов обслуживания запросов на ввод-вывод (в-в) в накопителях на магнитных дисках (НМД).

1. Влияние на оценку характеристик ЭВМ точности задания закона обслуживания в узлах модели исследовалось на сбалансированных сетях ЦОП с числом узлов 3–15 и коэффициентами загрузки узлов 0,3–0,95.

Установлено следующее.

1. При изменении ϑ в пределах $\pm 50\%$ в одном узле сеть разбалансируется, загрузка узлов и пропускная способность меняются соответственно в диапазоне ± 30 и $\pm 20\%$. При появлении узлов с загрузкой 0,85–0,9 узел с варьируемым значением ϑ перестает влиять на характеристики сети. Загрузка узлов сбалансированной сети определяет пороговое значение $\Delta\vartheta$, при котором сеть входит в насыщение и влияние узла прекращается. Погрешность задания ϑ в одном узле ± 10 , ± 30 , $\pm 50\%$ гарантирует определение пропускной способности 3-узловой сети с ошибкой не более ± 5 , ± 10 , $\pm 20\%$. Увеличение числа узлов сети ослабляет влияние погрешности задания ϑ одного узла; так, в 15-узловой сети аналогичные погрешности в определении характеристик сети достигаются при отклонениях $\vartheta \pm 20$, ± 40 , $\pm 60\%$. Очевидно, что при одинаковом процентном изменении ϑ всех N узлов сеть остается сбалансированной, отклонение пропускной способности λ (%) равно величине изменения ϑ узлов (%). Таким образом, погрешность оценки пропускной способности сети колеблется от значения $\Delta\vartheta/N$ (%) при изменении ϑ в одном узле до значения $\Delta\vartheta$ (%) при изменении ϑ во всех N узлах сети.

2. С ростом коэффициента вариации ν во всех узлах сети от 0 до 2, что соответствует постоянному ($\nu = 0$), эрланговскому ($0 < \nu < 1$), экспоненци-



Р и с. 1. Изменение среднего времени пребывания заявок в сети для закона распределения памяти:

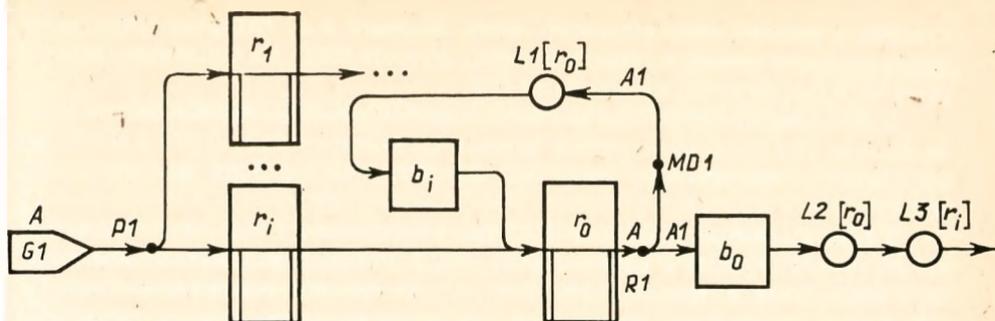
1 — экспоненциального ($N > M$); 2 — равномерного ($N > M$); 3 — экспоненциального ($N < M$); 4 — равномерного ($N < M$)

альному ($\nu = 1$) и гиперэкспоненциальному ($\nu = 2$) законам обслуживания, загрузки узлов и пропускная способность уменьшаются, а время пребывания заявок увеличивается до 18–20 %. С ростом загрузок узлов погрешности оценок уменьшаются, и при нагрузках, близких к единице, закон распределения длительностей обслуживания в узлах модели не влияет на ее характеристики. Переход от распределения Эрланга к равномерному приводит к изменению системных характеристик на 7,5–8 %.

II. При моделировании ЭВМ сетями ЦОП без узла памяти ее емкость V учитывается косвенно заданием максимально допустимого уровня мультипрограммирования сети M в виде $\lfloor V/v \rfloor$. В качестве закона распределения памяти f_v , требующейся заявке, рассматривались постоянный, равномерный и экспоненциальный (урезанная экспонента) законы с одинаковым значением среднего v . Зависимость времени U пребывания заявок в сети от соотношения v/V при $f_v = \text{const}$ принималась за эталон.

Отклонения ΔU (%) при переходе к равномерному и экспоненциальному законам распределений представлены на рис. 1. Величина отклонения растет с уменьшением M . При $N < M$ (кривые 3, 4) предельные характеристики сети (в первую очередь U , λ) определяются параметрами N узлов, имитирующих устройства. С ростом M сеть устройств достигает насыщения, значение λ становится максимальным, узел памяти влияет слабо. Если $N > M$ (кривые 1, 2), то максимальное значение λ определяется пропускной способностью памяти, зависящей от ее емкости. В первом случае (при $N < M$) значение отклонения U меньше, во втором (при $N > M$) — больше. Из рис. 1 видно: при числе заявок в памяти (уровне мультипрограммирования M) не менее 4–5, что соответствует $v/V < 0,2$ – $0,25$, погрешность оценки U не превышает 20 %.

III. Производительность ЭВМ ОН в значительной степени определяется пропускной способностью систем ввода-вывода. В качестве моделей селекторных (СК) и блок-мультиплексных (БЛМК) каналов, различающихся числом подканалов, рассматривалась сеть, упрощенная схема которой представлена на рис. 2, описанная в терминах работы [2], где $G1$ — источник заявок, имитирующих запросы в-в; b_i — узел, отображающий выполнение подготовительных операций в-в, не требующих средств канала; r_i — единичные узлы памяти, количество которых определяется числом трактов передачи СК–НМД; b_0 — узел, имитирующий средства канала; r_0 — единичный узел памяти, отображающий состояние канала (она занята, если канал обслуживает заявку); $L[r]$ — элемент освобождения памяти r ; $MD1$ — узел модификации атрибутов (имен и (или) приоритетов) заявок; $R1, P1$ — узлы маршрутизации заявки в соответ-



Р и с. 2. Сетевая модель системы ввода-вывода на НМД (для блок-мультиплексного канала)

ствии с ее именем или заданной вероятностью выбора направления.

Ввод-вывод на НМД включает передачу в канал сведений о местоположении записи (маршрут заявки $A - G1, P1, r_i, r_0, R1, MD1$), предварительные операции по поиску записи в НМД без участия средств канала (маршрут заявки $A1 - L1, b_i$), с участием средств канала и собственно передачу данных (маршрут заявки $A1 - r_0, R1, b_0$), после чего освобождаются средства НМД для обслуживания следующего запроса (маршрут заявки $A1 - L2, L3$). В модели длительность обслуживания заявок в узлах b_i и b_0 определяются как $\vartheta_{b_i} = (1 - \alpha)t'_i + (1 - \beta)t_s$ и $\vartheta_{b_0} = t_i + \alpha t'_i + \beta t_s$, где t_s — среднее время поиска, совпадающее со среднепаспортным значением для дисциплины обслуживания FIFO либо имитируемое в соответствии с характером размещения наборов данных (НД) на томе НМД, порядком порождения запросов к НД, задаваемым матрицей вероятностей переходов и дисциплиной доступа; $t'_i = t_i/2$ — половина времени вращения; t_i — среднее время передачи данных в канале. Для СК и БЛМК с НМД в монопольном режиме $\alpha = \beta = 1$; для СК с предварительной установкой позиционера и БЛМК в мультиплексном режиме $\alpha = 1$, $\beta = 0$ и для БЛМК с НМД со средством ускоренного определения положения записи (RPS) $\alpha = \beta = 0$.

Оценивалась погрешность неучета блокировок НМД на время, пока канал передает данные на этом НМД. В этом случае моделью системы в-в служит совокупность СМО b_i , имитирующих НМД и СМО b_0 , имитирующей канал. Моделировалась работа БЛМК и НМД ЕС 5050 (56), 5061, 5066 и канала со средствами RPS для НМД ЕС 5066. Для указанных типов НМД отношение $\gamma = \vartheta_{b_0} / (t_i + t'_i + t_s)$, характеризующее долю времени доступа в НМД, составляет 0,17; 0,36; 0,32. Число НМД, подсоединенных к каналу, менялось в пределах 5–8 для БЛМК и 8–32 для канала со средствами RPS и $t_i = 1...2$ мс.

Установлено следующее.

1. Точность оценки времени доступа к НМД $\vartheta_{\text{д}}$ определяется типом НМД и соотношением γ , с ростом которого ошибки уменьшаются: минимальны погрешности для упрощенных моделей системы ввода-вывода с НМД типа ЕС 5066. Для сбалансированной сети (рис. 2) $\Delta\vartheta_{\text{д}}$ менее 11% при загрузке канала менее 0,3; 8–20% при загрузке менее 0,5 и 14–40% при загрузке более 0,7. Для канала со средствами RPS при загрузках более 0,3 $\Delta\vartheta_{\text{д}} \geq 20\%$, что

связано с ростом относительного числа запросов в-в, которым приходится ждать средства канала в течение полного оборота НМД. Их количество превышает 40 % при загрузке канала более 0,2.

2. Максимальная пропускная способность сбалансированных систем ввода-вывода для среднеспортных данных составляет 0,061; 0,074 и 0,335 запросов/мс соответственно для НМД ЕС 5050, 5061 и 5066 (со средством RPS).

3. При изменении в модели ЦОП числа каналов от 1 до 4, числа НМД от 4 до 32, $\gamma = 0,17 \dots 0,36$ и загрузок узла от 0,3 до 0,9 погрешность определения ϑ_d изменяется в пределах 10–40 %, а пропускной способности 7–20 %.

Для исследования эффекта упрощенного представления дисциплин обслуживания запросов в-в в сети имитировали дисциплины FIFO и SSTF. Последняя представляет альтернативу FIFO и характеризуется минимальным временем доступа ϑ_d . Влияние дисциплины обслуживания запросов в-в зависит от типа вычислительной нагрузки, степени упорядоченности размещений НД и усиливается с ростом M . Поэтому моделировались три типа вычислительной нагрузки, различающиеся соотношением γ_n времен ввода-вывода и обработки задачи в процессоре. Для N -узловой сети при $\gamma_n = N - 1$ сеть сбалансирована, при $\gamma_n < N - 1$ преобладает процессорный счет; при $\gamma_n > N - 1$ — операции ввода-вывода.

Установлено следующее.

1. Сведение дисциплины обслуживания SSTF к дисциплине FIFO при упорядоченном размещении НД и $\gamma_n = 4,6$ (для 3-узловой сети ЦОП) приводит к ошибкам оценки λ в 25–28 %, для неупорядоченных НД — в 14–37 %. При $\gamma_n < 2$ ошибки незначительны.

2. Неучет характера размещения НД на томе НМД при $\gamma_n = 2 \dots 4,6$ приводит к ошибкам в оценке λ в 15–18 %.

Таким образом, в статье оценен эффект упрощений стохастических сетевых моделей при описании структуры и закона функционирования, исследована степень влияния на точность моделирования ЭВМ (оценку пропускной способности и т. д.) типовых допущений в практике оценки производительности. Тем самым аттестованы возможности моделей в части метрической в целях использования их для оценки системных и узловых характеристик ЭВМ ОН.

ЛИТЕРАТУРА

1. К л е й н р о к Л. Вычислительные системы с очередями. — М., 1979. — 600 с.
2. Основы теории вычислительных систем / С.А. Майоров, Г.И. Новиков, Т.И. Алиев и др.; Под ред. С.А. Майорова. — М., 1978. — 408 с.