

О МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
МУЛЬТИПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ,  
РАБОТАЮЩЕЙ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

М.А. Алексеевский  
(Ленинград)

Характерной чертой развития вычислительной техники в настоящее время является непрерывное увеличение производительности цифровых вычислительных машин (ЦВМ). Одним из способов достижения высокого быстродействия, получившим широкое распространение, является мультипрограммирование. Под мультипрограммированием понимают такую организацию работы ЦВМ, когда на машине одновременно решается несколько задач. Это осуществляется за счет одновременной работы различных устройств ввода-вывода и вычислителя, что позволяет значительно повысить эффективность использования последнего.

Будем говорить, что мультипрограммная система работает в реальном масштабе времени (РМВ), если при решении отдельных задач удовлетворяются некоторые заранее заданные временные соотношения:

$$c_i < c_i^*, \quad (i = \overline{1, n}) \quad (I)$$

где  $n$  — количество задач,

$c_i$  — временная характеристика  $i$ -ой задачи,

$c_i^*$  — предельно допустимое значение  $c_i$ .

Способность работать в РМВ является характерной особенностью управляющих вычислительных машин (УВМ). Отметим, что для организации вычислений в РМВ используется программное (программа-диспетчер) и встроенное (система прерывания) оборудование. Эффективность работы УВМ определяется в конечном счете соотношением между встроенной и программируемой логикой. В связи с этим исследование режима работы в РМВ является весьма важным для практики использования УВМ.

Поскольку в отличие от мультипрограммного режима, применяемого для повышения эффективности вычислителя машины, режим работы в РМВ предполагает одновременное решение нескольких задач, то естественно поставить две проблемы.

1. Определить возможность работы в РМВ, т.е. выполнения неравенств (I).

2. В случае, если система может работать в РМВ, оптимизировать ее функционирование по некоторому критерию.

Для решения этих задач необходимо вначале построить математическую модель рассматриваемой системы.

При работе УВМ в РМВ в машину поступают  $n$  потоков требований на решение задач. Характер каждого потока определяется реальной ситуацией. Требования поступают в регистр прерывания (РгПр) УВМ и в соответствии с кодом защиты прерывают или не прерывают решение очередной задачи. В первом случае требование ожидает обслуживания в РгПр, а во-втором - принимается к обслуживанию, причем прерванная задача направляется в очередь прерванных задач программой-диспетчером. После окончания решения очередной задачи, следующая задача выбирается из РгПр или очереди прерванных задач в соответствии с принятой системой приоритетов.

Совокупность кодов защиты для  $n$  задач образуют булеву квадратную матрицу порядка  $n$ , элементы которой  $z_{ij}$  ( $i=\overline{1,n}$ ;  $j = \overline{1,n}$ ) имеют следующий смысл:

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если при поступлении требования на решение} \\ & \text{задачи } j \text{ решение задачи } i \text{ не прерывается,} \\ 0, & \text{если при поступлении требования на решение} \\ & \text{задачи } j \text{ решение задачи } i \text{ прерывается.} \end{cases}$$

В общем случае матрица защиты может быть произвольного вида, однако можно потребовать, чтобы матрица защиты имела такой вид, чтобы невозможно было образовать цепочку прерываний, которая привела бы от задачи  $i$  ( $i=\overline{1,n}$ ) к ней же самой. Матрицу такого вида будем называть допустимой.

При таком подходе работу УВМ в РМВ можно рассматривать как функционирование однолинейной, однофазной системы массового обслуживания смешанного типа (с ожиданием и отказами), с приоритетами и возможностью прерывания в соответствии с матрицей защиты.

Формальное представление работы в РМВ в виде системы массового обслуживания позволяет, с одной стороны, использовать

для её исследования готовый математический аппарат и, с другой, применить показатели эффективности функционирования систем массового обслуживания для оценки качества функционирования УВМ, работающей в РМБ.

Аналитические методы исследования подобных систем [1-3], к сожалению, не дают возможности изучать системы произвольного вида, так как они накладывают следующие ограничения: входные потоки должны быть пуассоновскими; очередь должна быть бесконечной; матрица защиты может быть либо единичной, либо треугольной. Несмотря на эти ограничения, аналитические методы часто удобно использовать, аппроксимируя реальную систему системой, рассматриваемой в теории массового обслуживания.

Методы моделирования дают возможность рассматривать системы произвольного вида. Единственным ограничением является относительно длительное время, необходимое для эксперимента (порядка 20 + 30 мин на один опыт).

Разумное совмещение аналитических методов и методов моделирования позволяет получать характеристики любых систем.

Будем называть набор правил, в соответствии с которыми осуществляется организация работы в РМБ, тактикой диспетчеризации. Характеристики системы, полученные аналитическим методом или методом моделирования могут служить для оценки выбранной тактики диспетчеризации. Используя метод прямого перебора, можно из конечного (практически небольшого) числа тактик диспетчеризации выбрать наилучшую в смысле заданного критерия.

Если при данной тактике диспетчеризации оценивать качество функционирования машины с помощью некоторого обобщенного параметра

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\Lambda} B_i ,$$

где

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i ,$$

$\lambda_i$  - частота поступлений требований по каналу  $i$  ,

$B_i$  - параметр потока  $i$  ,

то задача оптимизации работы сводится к присваиванию приоритетов потокам таким образом, чтобы значение критерия принимало экстремальное значение. Для решения этой проблемы можно использовать несколько методов: аналитический, метод динамичес-

кого программирования, случайный поиск. Следует отметить, что аналитический метод применим лишь для весьма ограниченного класса систем. Системы произвольной структуры можно оптимизировать с помощью метода динамического программирования, хотя и в этом случае резкое увеличение объема памяти с ростом числа каналов ограничивает применение этого метода 18 ÷ 20 входными потоками. Применение случайного поиска с обучением (например, цепной метод Монте-Карло [4]) представляется весьма перспективным, ибо позволяет сократить количество реализаций на 1 - 2 порядка по сравнению с обычным методом Монте-Карло.

### Л и т е р а т у р а

1. Cobham. A Priority Assignment in waiting Line Problems. J.Operat.Res.Soc.Am.,1954, vol.2, p.70-76.
2. H.Kesten, I.Runnenburg. Priority in Waiting Line Problems. Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap.Proc. ser.A., 1956, vol.60, pt.1, p.312-324; pt.2, p.325-336.
3. L.Takacs. Priority Queues. J.Operat. Res. Soc.Am.,1964, vol.12, N 1,p.63-74.
4. E.S.Page. On Monte Carlo Methods in Congestion Problems: I Searching for on optimum in discrete situations. J.Operat. Res. Soc. Am.,1965, vol.13, N 2,p.291-299