

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ДИСКОВОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ М-6000

Программное обеспечение автоматизированных систем научных исследований (ПО АСНИ) можно подразделить на две части [1]:

системное программное обеспечение (СПО), выполняющее наиболее общие для всех пользователей функции и состоящее из операционных систем и обрабатывающих программ (трансляторов, загрузчиков и т.п.);

прикладное программное обеспечение (ППО), базирующееся на СПО и выполняющее специальные функции, характерные только для данной системы.

ПО АСНИ (или, по крайней мере, некоторые его подсистемы) функционирует в темпе, диктуемом объектом исследований, т.е. в реальном масштабе времени. Поэтому, на этапе проектирования ПО АСНИ необходимо уметь оценивать временные характеристики разрабатываемых программ. Статистические характеристики времени выполнения программы могут быть оценены либо аналитически [2], либо методами имитационного моделирования [3]. Как отмечалось выше, СПО является базой для разработки ППО. Поэтому оценки характеристик ППО, полученные без учета влияния СПО, могут оказаться недостоверными. Поскольку в описании СПО временные характеристики обычно отсутствуют, задача получения их оценок является весьма актуальной.

В данной работе исследовалось время реакции дисковой операционной системы реального времени (ДОС РВ) на запросы от прикладных программ и некоторые другие характеристики СПО М-6000.

Средства измерения времени реакции ДОС РВ. Для исследования СПО необходимо иметь инструмент для измерения требуемых временных характеристик и набор специальных тестов, позволяющих прямо или косвенно получить их. Средства измерений, позволяющие исследовать динамику функционирования ПО, разрабатываются с использованием методики перехвата управления при прерываниях, либо методики выборочных замеров [5]. Программная реализация любой из этих методик связана с необходимостью частичной модификации операционной системы. Кроме того, введение в состав операционных систем постоянно

работающих средств измерений ухудшает время реакции СПО, что особенно важно для систем реального времени. В данной статье предлагается методика измерения ДОС РВ М-6000, основанная на выделении и измерении отдельных функций операционной системы на специальном наборе тестов.

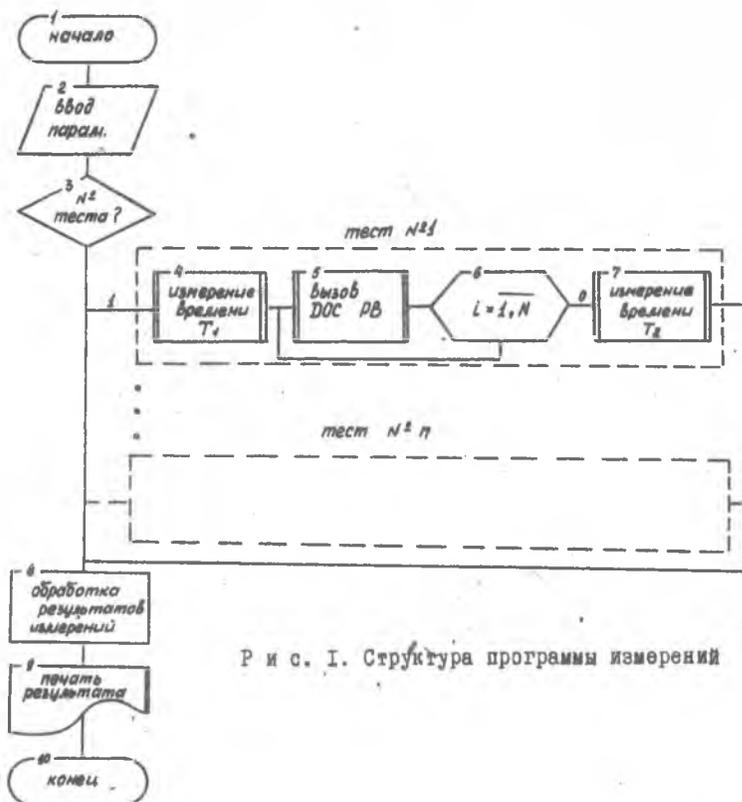
Сущность данной методики заключается в следующем. Подбором теста выделяется та или иная функция ДОС РВ, выполнение которой может быть затребовано прикладной программой (например, вызов задачи, получение текущего времени и т.п.). Для получения временных интервалов используется служба времени ДОС РВ. Однако величина кванта времени (10 или 100 миллисекунд) операционной системы не позволяет с достаточной точностью измерять время выполнения программ. Поэтому для достижения необходимой точности измерений необходимо многократно повторять выполнение одной и той же функции. Число повторений зависит от величины результата и от требуемой точности.

Структура программы измерений, реализующей данную методику, приведена на рис. 1. Программа измерений работает в режиме диалога с экспериментатором, который с терминала задает номер, число повторений и другие параметры теста (бл. 2). В зависимости от характера теста параметры принимают различный смысл. Любой тест задается последовательностью блоков, аналогичной блокам 4-7, которая позволяет определить абсолютное время начала и конца работы теста. В блоке 8 корректируется результат измерения по формуле

$$T = (T_2 - T_1)K/N - T_4 N - T_B,$$

где  $T_1$  и  $T_2$  - время начала и конца работы теста,  $K$  - величина кванта времени (задается при генерации операционной системы),  $N$  - число повторений теста,  $T_4$  - время, затрачиваемое на получение значения текущего времени,  $T_B$  - время одного выполнения оператора цикла. Эксперимент показал, что  $T_B = 1.5$  мс, а  $T_2 = 0.3 \cdot 10^{-5}$  мс. Результат измерения выдается на печать (бл. 9) и управление передается на начало программы. Такая структура измерительной программы позволяет в процессе эксперимента по измерениям изменять характеристики тестов, не изменяя самой программы измерений. Так, задавая в качестве параметров теста "Вызов задачи" и на прикладных программах, можно измерить время реакции СПО.

Результаты измерений. Время реакции на запрос прикладной программы зависит от внутреннего состояния ДОС РВ (длины очереди,



Р и с. 1. Структура программы измерений

наличия свободной оперативной памяти и памяти на дисках и т.п.). Поэтому для выделения "чистого" времени реакции все измерения проводились в однопрограммном режиме. Результаты измерения основных функций, выполняемых DOS PB по запросам от прикладных программ, приведены в таблице.

№	Функция DOS PB	Среднее время реакции, мс
I.	Ввод-вывод по программному каналу	$(t_n + t_3) / M + t_n$

№	Функция ДОС РВ	Среднее время реакции, мс
2.	Определение состояния УВВ	0.15
3.	Резервирование (освобождение) дорожек диска	2 + 0.7 K
4.	Вызов задачи	
	а) ДР/ОР - подпрограмма	0.86
	б) ОР - ОР	1,6
	в) ОР - ДР	100.0
	г) ДР - ДР	300.0
5.	Планирование выполнения задачи по времени	1.41
6.	Завершение задачи	1.37

Время, затрачиваемое ДОС РВ на передачу одного слова по программно управляемому каналу, включает среднее время интерпретации запроса и настройки системных таблиц  $t_H$ , время работы секции запуска драйвера  $t_3$  и время обработки прерывания  $t_H$ . Переменная  $M$  имеет смысл числа слов, передаваемых через канал за один вызов ДОС РВ. Анализ оценочной формулы (1) из таблицы показывает, что затраты на передачу данных по программно управляемому каналу могут быть уменьшены, если при вызове ДОС РВ данные группируются в блоки ( $M > 1$ ). Время, затрачиваемое процессором на передачу одного слова, колеблется в пределах 0,1-1 мс в зависимости от типа устройства.

Измерительный эксперимент показал, что время выполнения запроса на резервирование или освобождение дорожек диска линейно зависит от числа резервируемых дорожек  $K$ .

Как видно из таблицы, среднее время выполнения большинства функций ДОС РВ колеблется в пределах нескольких миллисекунд. Исключение составляет запрос на вызов программы (4), время выполнения которого может варьироваться в более широких пределах. Все программы, функционирующие под управлением ДОС РВ, можно подразделить на три основных типа: программы, резидентные в оперативной памяти (ОР), программы, резидентные на диске (ДР), и подпрограммы (4). Время вызова зависит от типа как вызывающей, так и вызываемой

программы и может существенно различаться (см. в таблице позиции 4, а, 4, г). Минимальное время затрачивается на вызов подпрограммы (4, а). Это связано с тем, что для любого типа вызывающей программы подпрограмма всегда находится в оперативной памяти в абсолютном формате. Несколько большее время затрачивается на вызов ОР программы другой ОР программой (4, б), так как в этом случае происходит поиск описателя вызываемой задачи в системных таблицах.

Наибольшие задержки происходят при обращении к ДР программам. Они вызваны необходимостью чтения этих программ с диска в момент вызова. В качестве системного диска в ДЭС РВ М-6000 чаще всего используются на опителн на магнитных дисках ЕС-5052 [4]. Время, затрачиваемое на вызов ДР программы, прежде всего определяется временем доступа и передачи данных с диска, которое, в свою очередь, является случайной величиной, равномерно распределенной на отрезке [25, 175] мс [6]. Таким образом среднее время, необходимое для вызова ДР программы ОР программой (4, в) составляет 100 мс при коэффициенте вариации, равном 0,43. В тех случаях, когда ДР программа вызывается другой ДР программой (4, г), осуществляется свопинг (замена) программ в оперативной памяти. Время, затрачиваемое на свопинг, складывается из следующих составляющих: времени вывода вызывающей программы из оперативной памяти в область свопинга на диске, времени записи вызываемой программы в оперативную память и время перезаписи вызывающей программы из области свопинга в оперативную память в момент окончания работы вызываемой программы. Среднее время вызова ДР программы другой ДР программой составляет 300 мс. Приведенные выше оценки подтверждаются результатами измерений.

Разработанная методика и базирующиеся на ней средства измерений позволили исследовать время реакции ДЭС РВ М-6000 на запросы прикладных программ. Результаты измерений показали, что наибольшие затраты возникают при обращении к ДР программам. Поскольку эти затраты могут изменяться в широких пределах (на что указывает значение коэффициента вариации), один из резервов уменьшения времени реакции программного обеспечения кроется в оптимизации распределения программ по дорожкам диска.

Полученные оценки времени реакции ДЭС РВ имеют как самостоятельное значение, так и могут быть использованы для последующего анализа ПО АСНМ методами имитационного моделирования.

## Л и т е р а т у р а

1. Г у р о в а Л.И., С а х а р о в С.С. Прикладные программы. - М.: Статистика, 1980, -280 с.
2. Б а й ц е р Б. Архитектура вычислительных комплексов. - М.: Мир, 1974, т. I. 498 с.
3. В е л е в В.С., Б о я н о в К.Л. Определение вероятностных характеристик времени выполнения программ при помощи имитационного моделирования. "Управляющие системы и машины". 1977, № 6, с. 65-67.
4. СПО М-6000/М-7300. Дисковая операционная система реального времени. Краткое описание и руководство по пользованию. Ч. I, Северодонецк, 1974.
5. Б е л о б р о д с к а я Т.В. Существующие методы исследования операционных систем (обзор). - М.: ИГУ, 1976.-76 с (деп. ВИНТИ № 2409-76).
6. Единая система ЭВМ. /Под общей редакцией А.М.Нарионсва/ - М.: Статистика, 1974.

УДК 007:510.25

С.М.К р ы л о з

### ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КРЕАТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В настоящее время важной системотехнической задачей, особенно в области автоматизации поисковых научных исследований, является создание таких автоматически действующих систем, которые, исходя из заданного набора операций и некоторой совокупности объектов (информационной и материальной природы) - т.е. исходя из некоторой существующей технологии, - способны создавать принципиально новые, неизвестные ранее объекты (информационные или материальные). Важную роль в определении фундаментальных требований к структуре таких систем может сыграть аппарат дискретной математики, обеспечивающий формализованный подход к описанию самых различных дискретных систем независимо от их конкретного содержания.