

УДК 689.3.19/16(045)

В. М. Синеглазов, д-р техн. наук, проф.,  
А. С. Юрченко, канд. техн. наук, доц.

## ОЦЕНИВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ИЗДЕРЖЕК ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ СЕГМЕНТНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПАМЯТИ

Национальный авиационный университет, Киев, e-mail: iesy@nau.edu.ua

*Оценены системные издержки, возникающие при динамическом сегментном распределении памяти.*

**Ключевые слова:** динамическое сегментное распределение памяти, фрагментация памяти, виртуальная память.

**Постановка проблемы.** В работах Деннинга [1; 2] приведены общая оценка и классификация фрагментаций, возникающих при реализации виртуальной памяти. Термин «фрагментация» означает наличие зазоров в памяти, которые нельзя использовать. В соответствии с работами [1; 2] различают внешнюю, внутреннюю и табличную фрагментации. Если неиспользуемые пространства возникают между блоками памяти, осуществляется внешняя фрагментация. Образование «дыр» внутри самих блоков свидетельствует о внутренней фрагментации.

При страничной виртуальной памяти (т. е. фиксированной длины блоков) внешней фрагментации не бывает, так как каждая удаленная страница замещается другой того же размера, и зазоры между ними не образуются. Однако внутренняя фрагментация может происходить за счет того, что размер требуемой памяти округляется в большую сторону до целого количества страниц.

В вычислительных системах с виртуальной памятью и сегментным распределением вся свободная память представлена в виде совокупности свободных сегментов, разбросанных между занятыми сегментами, поскольку их занятие и освобождение происходит случайным образом. Д. Кнут [3] доказал правило «пятидесяти процентов», которое устанавливает соотношение между количеством занятых и количеством свободных сегментов. Согласно этому правилу, если система памяти стремится к состоянию равновесия, при котором в системе имеется в среднем  $N$  занятых сегментов, то среднее количество свободных сегментов равно приблизительно  $\frac{N}{2}$ .

Степень внешней фрагментации при сегментном распределении определяется как суммарный размер свободных сегментов. Внешняя фрагментация в случае, если

$$S > \max \{x_i\}, \quad \sum_{i=1}^m x_i > S,$$

где  $S$  – требуемый размер памяти, а  $\{x_i\}$  ( $i = 1, 2, \dots, m \approx \frac{N}{2}$ ) – последовательность размеров свободных сегментов.

Табличная фрагментация порождается тем, что часть физических ячеек памяти занимает служебная информация системы динамического распределения памяти (ДРП) – таблицы соответствия. Таким образом, эти ячейки не могут быть использованы для предоставления памяти.

Внутренняя фрагментация согласно работ [1; 2] возможна только при страничной виртуальной памяти. В действительности эта фрагментация присуща и виртуальной памяти с сегментной системой ДРП, в частности, из-за трудностей с учетом и распределением сегментов слишком малых размеров.

Рассмотрим этот случай. Пусть  $\sigma$  – сегмент, за счет которого происходит предоставление памяти под очередное требование. Размер этого сегмента должен быть равен указанному в требовании или больше его. Пусть разность между размером  $\sigma$  и размером, указанным в требовании, равна  $\Delta l$  слов и сравнительно велика. Тогда необходимая часть сегмента  $\sigma$  предоставляется требованию, а остаток оформляется как новый свободный сегмент размером в  $\Delta l$  слов. Если так же поступить в случае, когда  $\Delta l$  слов мало, то появится слишком малый свободный сегмент. Такой сегмент только «засоряет» систему, поскольку, как правило, не может удовлетворить ни одному требованию.

Система ДРП стала бы более производительной, выделив требованию весь свободный сегмент. «Пожертвовав»  $\Delta l$  словами памяти, система может не учитывать слишком мелкие свободные сегменты, что, в свою очередь, приводит к уменьшению времени поиска подходящего сегмента в списке свободных сегментов. Указанный способ пренебрежения малыми свободными сегментами соблюдается везде в сегментных системах ДРП и является источником внутренней фрагментации. Для разграничения свободных сегментов на большие и малые вводится граничное значение  $\Delta l_{\min}$ . Свободный сегмент длиной  $\Delta l \geq \Delta l_{\min}$  слов оформляется как новый свободный сегмент, а при  $\Delta l < \Delta l_{\min}$  система ДРП выделяет требованию весь свободный сегмент, не образуя нового. Таким образом, в системе ДРП максимальная допустимая внутренняя фрагментация на каждый занятый сегмент и минимальный размер свободного сегмента будут равны  $\Delta l_{\min}$  слов.

Оценивая фрагментацию при сегментном ДРП, Деннинг дает только грубую оценку снизу отношению количества «теряемой» памяти, т. е. недоступной для использования под данные или программы, ко всему объему памяти. Указанное отношение, обозначаемое здесь через  $f_1$ , в оценке Деннинга учитывает потери только на внешнюю фрагментацию (рис. 1).

Ниже уточняется оценка Деннинга, а также приводятся выражения для относительных потерь на внутреннюю и внешнюю фрагментации, влияние каждой из компонент на коэффициент использования памяти и соотношение между ними.

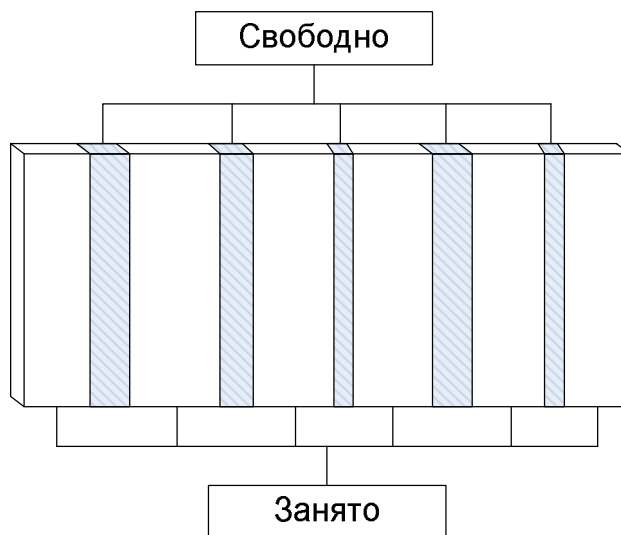


Рис. 1. Сегментное распределение памяти

**Вывод оценок фрагментации памяти.** Если обозначить через  $K_{\min}$  отношение между средним размером занятого сегмента  $S_0$  (закон распределения величины занятого сегмента и правило определения  $S_0$  предполагаются такими же, как в работе [3]) и минимальным размером свободного сегмента, а через  $K_{\max}$  – отношение между  $S_0$  и максимальным размером свободного сегмента, то нетрудно согласно [1; 2] получить

$$\frac{K_{\max}}{2+K_{\max}} \geq f_1 \geq \frac{K_{\min}}{2+K_{\min}}.$$

В этом неравенстве оценка снизу значения  $f_1$  является оценкой Деннинга.

Если пренебречь значением табличной фрагментации ввиду ее незначительной доли в общем объеме «теряемой» памяти (единицы процентов), то относительные потери на полную фрагментацию  $f_1 = f_e + f_i$  где  $f_e = \frac{NK_{\text{cp}}S_0}{2M_0}$  – относительные потери на внешнюю

фрагментацию [1];  $f_i = \frac{N\Delta l_{\min}}{2M_0}$  – относительные потери на внутреннюю фрагментацию. Здесь

$N$  – количество занятых сегментов;  $M_0$  – размер распределяемой памяти в словах, а  $K_{\text{cp}}$  определяется на основе правила «пятидесяти процентов»:

$$M_0 = NS_0 \left( 1 + \frac{K_{\text{cp}}}{2} \right).$$

Если предположить, что относительные потери на внутреннюю фрагментацию должны быть меньше  $f_2 \leq \gamma$  ( $\gamma < 1$ ), то с учетом выражений для  $f_e$  и  $f_i$  имеем следующие формулы:

$$\begin{cases} f_e = \frac{NK_{\text{cp}}S_0}{2M_0}; \\ f_i = \frac{\Delta l_{\min}N}{2M_0}; \\ \Delta l_{\min} < \gamma \frac{2M_0}{N}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $N_{\text{опт}}$  – некоторое среднее количество занятых сегментов в памяти;  $N_{\text{max}}$  – количество занятых сегментов, если нет свободных сегментов в памяти.

Формулы (1) позволяют оценить издержки на внутреннюю фрагментацию в зависимости от степени занятости памяти и более обоснованно подходить к оценке качества распределения памяти (рис. 2).

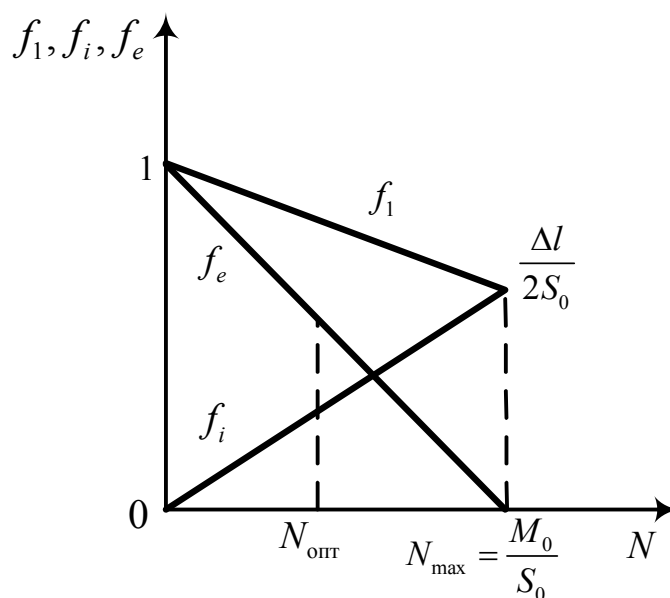


Рис. 2. Зависимость различных видов фрагментации от количества сегментов

Из формул (1) видно, что при перегрузке системы (если  $N > N_{\text{опт}}$  – типичный режим работы) внутренняя фрагментация играет значительную роль. Сбалансированные системы ДРП и планирования мультипрограммной смеси требуют выбора некоторых оптимальных значений  $\Delta I_{\min}$  и  $N$ .

**Выводы.** В работе получены оценки различных видов фрагментации (внешней, внутренней и табличной), возникающих при ДРП. По этим оценкам можно судить о качестве работы алгоритмов ДРП.

#### Список литературы

1. *Denning P. J.* Origin of Virtual Machines and Other Virtualities / P. J. Denning // АНС. – 2001. – Vol. 23. – № 3. – 73 p.
2. *Denning P. J.* Virtual Memory / P. J. Denning // Computing Surveys. – 1970, Vol. 2. – № 3 – P. 153 – 189.
3. *Кнут Д. Е.* Искусство программирования / Д. Е. Кнут // Т. 1. Основные алгоритмы. – М.: Вильмс, 2010 – 720 с.

В. М. Синеглазов, А. С. Юрченко

**Оцінювання системних витрат у разі динамічного сегментного розподілення пам'яті**  
Оцінено системні витрати, що виникають у разі динамічного сегментного розподілу пам'яті.

V. M. Sineglazov, A. S. Yurchenko

**Evaluation of system overhead costs in dynamic segment memory allocation**

In this article we obtain estimates of system costs arising from the dynamic allocation of memory segment.