

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

С. А. КОСЯЧЕНКО, С. О. КОШЕЦЯН

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ  
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В МУЛЬТИПРОЦЕССОРНЫХ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Возрастающие требования к скорости обработки информации, надежности оборудования и обеспечению низкой себестоимости обработки данных привели к созданию многопроцессорных (мультипроцессорных) вычислительных систем (МВС). Мультипроцессорный принцип организации вычислительного процессора определил идею конструктивного построения вычислительных систем. Наиболее удобным решением оказался модульный принцип построения [1], который делает систему менее уязвимой к отказам благодаря взаимозаменяемости однотипных модулей. Модульный принцип построения используется также при синтезе систем обработки данных (СОД) АСУ и является одним из общепризнанных путей повышения эффективности создаваемых СОД на этапе технического проектирования АСУ [2]. К настоящему времени уже разработаны и широко используются модели и методы синтеза оптимальных модульных СОД, позволяющие по заданному критерию оптимальности синтезировать систему программных модулей и информационных массивов СОД. Однако, данный формализованный аппарат синтеза построен без учета технических средств реализации обработки данных.

Одновременный учет возможностей средств и методов программной и аппаратной реализации при синтезе модульных СОД позволяет проектировать оптимальные системы обработки данных с привязкой к конфигурации технических средств, на которых они будут реализованы.

Постановка и решение задачи синтеза оптимальных модульных СОД, реализованных на базе МВС и обеспечивающих максимальное количество одновременно выполняемых процедур обработки данных, которые рассматриваются в данной работе, обеспечивают синтез эффективных модульных СОД. Основой для постановки и решения задачи является формальное определение функционального модуля СОД, увязывающее средства аппаратной реализации с процедурами обработки данных и информационными элементами [3].

Пусть в СОД реализуются задачи из множества  $\Phi = \{\varphi_i; i = \overline{1, I}\}$ , а  $A_i = \{a_{r_i}; r_i = \overline{1, R_i}\}$  есть множество процедур обработки данных, выполняемых в ходе реализации  $i$ -й задачи,  $R_i^0 = R_i - R_i^*$ , где  $R_i^*$  — мощность множества  $A_i^* = \left\{ a_{r_i} \in A_i; \omega_{r_i, \rho}^i \cdot \sum_{r_i=1, r_i > r_i}^{R_i} \omega_{r_i, \rho}^i \geq 1 \right\}$ ,  $\omega_{r_i, \rho}^i = 1$ , если  $r_i$ -я процедура при реализации  $i$ -й задачи выполняется  $\rho$ -м,  $\omega_{r_i, \rho}^i = 0$  — в противном случае. Заметим, что если не допустить одновременное выполнение процедур, то  $R_i = R_i^0$ .

Обозначим  $A = \bigcup_{i=1}^I A_i$ . Пусть  $A = \{a_r; r = \overline{1, R}\}$ .

*Определение.* Набор процедур  $\{r_{m_1}, r_{m_2}, \dots, r_{m_h}\} \subseteq A$  (для простоты вместо  $a_r$  употребляем запись  $r$ ) назовем независимым, если

$$\sum_{i=1}^I \sum_{\rho=1}^{R_i^0} \omega_{r_{m_1}, \rho}^i \cdot \omega_{r_{m_2}, \rho}^i \cdot \dots \cdot \omega_{r_{m_h}, \rho}^i \geq 1,$$

и зависимым, если

$$\sum_{i=1}^I \sum_{\rho=1}^{R_i^0} \omega_{r_{m_1}, \rho}^i \cdot \omega_{r_{m_2}, \rho}^i \cdot \dots \cdot \omega_{r_{m_h}, \rho}^i = 0.$$

Процедуры, входящие в независимый набор, можно выполнять одновременно. Введем следующие переменные и обозначения:  $V, N$  — количество синтезируемых модулей и аппаратных средств выполнения процедур;  $x_{rv} = 1$ , если  $r$ -я процедура входит в  $v$ -й модуль СОД,  $x_{rv} = 0$  — в противном случае;  $t_{rk} = 1$ , если  $r$ -я процедура выполняется на  $k$ -м средстве выполнения процедур,  $t_{rk} = 0$  — в противном случае;  $y_{m_1, m_2, \dots, m_h}^r = 1$ , если набор процедур  $\{r_{m_1}, r_{m_2}, \dots, r_{m_h}\}$  независимый,  $y_{m_1, m_2, \dots, m_h}^r = 0$  — в противном случае, где  $m_1 = \overline{1, R}$ ,  $m_i = 0$  и  $\overline{m_{i-1} + 1, R}$ ,  $i = 2, \dots, h$ . Если некоторые  $m_i = 0$  (например,  $m_2, m_4 = 0$ ), то в записи  $y_{m_1, m_2, \dots, m_h}^r$  подразумевается их отсутствие ( $y_{m_1, m_2, m_3, m_4, \dots, m_{h-1}, m_h}^r = y_{m_1, m_2, m_3, \dots, m_{h-1}, m_h}^r$ );  $x_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{rv} = 1$ , если  $\exists v$  и  $\exists (l, j)$  такие, что  $x_{r_{m_l} v} = 1$ ,  $x_{r_{m_j} v} = 1$ , где  $l \neq j$  и  $l, j = \overline{1, h}$ ,  $x_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{rk} = 0$  — в противном случае;  $t_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{rk} = 1$ , если  $\exists k$  и  $\exists (p, q)$  такие, что  $t_{r_{m_p} k} = 1$ ,  $t_{r_{m_q} k} = 1$ , где  $p \neq q$  и  $p, q = \overline{1, h}$ ,  $t_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{rk} = 0$  — в противном случае.

Очевидно,  $x_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{rv} = 1$ , если никакие две процедуры набора  $\{r_{m_1}, r_{m_2}, \dots, r_{m_h}\}$  не входят в один и тот же модуль, а  $t_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{rk} = 1$ ,

если никакие две процедуры набора  $\{r_{m_1}, r_{m_2}, \dots, r_{m_h}\}$  не реализуются на одном и том же средстве.

Задача синтеза оптимальной модульной СОД, обеспечивающая максимальное количество одновременно выполняемых процедур, реализующих заданное множество задач АСУ на базе МВС, формулируется следующим образом:

$$\sum_{v=1}^V \sum_{k=1}^N \sum_{m_1=1}^R \sum_{\substack{m_2=0, \\ m_1+1}}^{R} \sum_{\substack{m_N=0, \\ m_{N+1}}}^{R} y_{m_1, m_2, \dots, m_N}^{r_{m_1}} \cdot x_{m_{11}, m_{21}, \dots, m_{N1}}^{r_{v1}} \cdot t_{m_1, m_2, \dots, m_N}^{r_{rk}} \rightarrow \max$$

при ограничениях:

на общее число выделяемых функциональных модулей:

$$1 \leq V \leq V_{\max},$$

где  $V_{\max}$  — допустимое число функциональных модулей СОД;

на общее число процедур в составе каждого модуля:

$$1 \leq \sum_{r=1}^R x_{rv} \leq M_1, \quad v = 1, 2, \dots, R,$$

где  $M_1$  — допустимое число процедур в каждом модуле;

на дублирование процедур в модулях:

$$1 \leq \sum_{v=1}^V x_{rv} \leq M_r^1, \quad r = 1, 2, \dots, V,$$

где  $M_r^1$  — допустимое число модулей, содержащих  $r$ -ю процедуру;

на включение отдельных процедур в состав одного модуля:

$$x_{rv} + x_{r'v} \leq 1 \quad \text{для заданных } r \text{ и } r', \quad v = 1, 2, \dots, V;$$

на число одновременно выполняемых процедур:

$$\sum_{r=1}^{R_i} \omega_{r\rho}^i \leq M_2, \quad \rho = 1, 2, \dots, R_i^0; \quad i = 1, 2, \dots, I,$$

где  $M_2$  — допустимое число одновременно выполняемых процедур;

на одновременное выполнение некоторых процедур:

$$\omega_{r\rho}^i + \omega_{r'\rho}^i \leq 1, \quad \text{для заданных } r \text{ и } r', \quad \rho = 1, 2, \dots, R_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, I;$$

на одновременное выполнение более одной процедуры каждым средством выполнения процедур:

$$\sum_{r=1}^{R_k} t_{rk} \omega_{r\rho}^i \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, N; \quad \rho = 1, 2, \dots, R_i^0; \quad i = 1, 2, \dots, I;$$

на невыполнение некоторых процедур с помощью определенных средств:

$t_{rk} = 1$  для заданных пар  $(r, k)$ .

Поставленная задача синтеза оптимальной модульной СОД является нелинейной задачей целочисленного программирования и решается с использованием метода «ветвей и границ». Учет особенностей поставленной задачи позволяет получить аналитические выражения для оценки множества решений и разработать схему ветвления по дереву решений, сохраняющую необходимую многовариантность в распределении множеств процедур и технических средств реализации СОД по функциональным модулям и значительно сокращающую общее число рассматриваемых вершин дерева решений по сравнению с полной схемой ветвления. Ветвление осуществляется по множествам переменных задач, образующих дерево решений задачи. Алгоритм решения поставленной задачи состоит в направленном движении по вершинам дерева, получаемым из исходной задачи путем фиксирования переменных на дереве решений.

Предлагаемая модель используется в АСУ «Ергорсовет», разрабатываемой для Ереванского городского совета народных депутатов.

ЕрНИПИ АСУГ

12. II. 1985

Ս. Ա. ԿՈՍՏԱՉԵՆԿՈ, Ս. Հ. ԿՈՇԵՑՅԱՆ

**ՏՎՅԱԸՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԿ ՄՈԴՈՒԼԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶԸ  
ԲԱԶՄԱՊՐՈՅՆՍՈՐԱՅԻՆ ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ**

**Ա մ փ ո փ ո ս մ**

*Յույց է արվում բաղմապրոցեսորային հաշվողական համակարգերում տվյալների մշակման օպտիմալ մոդուլային համակարգերի սինթեզման խնդրի զրվածքի և լուծման կարևորությունը: Քննարկվում է տվյալների մշակման ընթացքում միաժամանակ կատարվելիք ընթացակարգերի առավելագույն քանակը ապահովող օպտիմալ մոդուլային համակարգերի սինթեզման խնդիրը: Խնդրի զրվածքում միաժամանակ հաշվի են առնվում տվյալների մշակման իրականացման ծրագրային և ապարատային մեթոդներն ու հնարավորությունները:*

**Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. Мультимикропроцессорные вычислительные системы /Под ред. Я. А. Хетагурова.— М.: Энергия, 1971.— 320 с.
2. Ашатов А. А., Маликонов А. Г., Кульба В. В. Оптимальные модульные системы обработки данных.— Алма-Ата: Наука, 1981.— 188 с.
3. Кошечян С. О. К вопросу формального определения функционального модуля систем обработки данных в АСУ.— В кн.: Методы анализа и синтеза оптимальных модульных систем обработки данных.— М.: Институт проблем управления, 1984, с. 48—53.