

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 оказалась 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 $\Phi = \{\phi_i; i = \overline{1, I}\}$, а $A_i = \{a_{r_i}; r_i = \overline{1, R}\}$ есть множество процедур обработки данных, выполняемых в ходе реализации i -й задачи, $R_i^0 = R_i - R_i^*$, где R_i^* — мощность множества $A_i^* = \left\{ a_{r_i} \in A_i; \omega_{r_i, \rho}^i \sum_{r_{i-1}, r_{i-2}, \dots, r_1} \omega_{r_i, \rho}^i \geq 1 \right\}$, $\omega_{r_i, \rho}^i = 1$, если r_i -я процедура при реализации i -й задачи выполняется ρ -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

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

и зависимым, если

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

Процедуры, входящие в независимый набор, можно выполнять одновременно. Введем следующие переменные и обозначения: V, N — количество синтезируемых модулей и аппаратных средств выполнения процедур; $x_{r_v} = 1$, если r -я процедура входит в v -й модуль СОД, $x_{r_v} = 0$ — в противном случае; $t_{r_k} = 1$, если r -я процедура выполняется на k -м средстве выполнения процедур, $t_{r_k} = 0$ — 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 $m_i = \overline{1, R}$, $m_i = 0$ 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 ($y_{m_1, m_2, m_3, m_4, \dots, m_{i-1}, m_h}^r = y_{m_1, m_2, m_3, \dots, m_{i-1}, m_h}^r$); $x_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{r^v} = 1$, 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 $l, j = \overline{1, h}$, $x_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{r^v} = 0$ — в противном случае; $t_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{r^k} = 1$, 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 $p, q = \overline{1, h}$, $t_{m_1, m_2, \dots, m_h}^{r^k} = 0$ — в противном случае.

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

если никакие две процедуры набора $\{r_{m_1}, r_{m_2}, \dots, r_{m_N}\}$ 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:

$$\sum_{v=1}^V \sum_{k=1}^N \sum_{m_1=1}^R \sum_{\substack{m_2=0, \\ m_1+1}}^R \dots \sum_{\substack{m_N=0, \\ m_{N-1}-1}}^R y'_{m_1, m_2, \dots, m_N} \cdot x''_{m_1, m_2, \dots, m_N} \cdot f''_{m_1, m_2, \dots, m_N} \rightarrow \max$$

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:

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

где M_1 — допустимое число процедур в каждом модуле;

на дублирование процедур в модулях:

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

где M_1^1 — 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:

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

где M_2 — допустимое число одновременно выполняемых процедур;

на одновременное выполнение некоторых процедур:

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

на одновременное выполнение более одной процедуры каждым средством выполнения процедур:

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

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 фиксации переменных на дереве решений.

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

ЕРНИПН АСУГ

12. II. 1985

Ս. Ա. ԿՈՍՅԱԶԵՆՈՒ, Մ. Զ. ԿՈՇԵՅԿԱՆ

**ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԱԿՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԼ ՄՈԴՈՒԼԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՍԻՆՏԵԶԸ
ԲԱԶՄԱԳՐՈՅՍՈՐԱՅԻՆ ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ**

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Յույց է սրվում բաղմապրոցեսորային հաշվողական համակարգերում սվյալների մշակման օպտիմալ մոդուլային համակարգերի սինթեզման խնդրի դրվածքի և լուծման կարևորությանը: Քննարկվում է սվյալների մշակման ընթացքում միաժամանակ կատարվելիք ընթացակարգերի առավելագույն բանակը ապահովող օպտիմալ մոդուլային համակարգերի սինթեզման խնդիրը: Խնդրի դրվածքում միաժամանակ հաշվի են առնվում սվյալների մշակման իրականացման ծրագրային և ապարատային մեթոդներն ու հնարավորությունները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Мультикритериальные оптимальные системы /Под ред. Я. А. Хетагурова.— М. Энергия, 1971.— 320 с.
2. Ашиков А. А., Мамиконов А. Г., Кульба В. В. Оптимальные модульные системы обработки данных.— Алма-Ата: Наука, 1981.— 188 с.
3. Кошецкий 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. 19—53.