

первой вершины дерева вариантов. Далее оптимальное решение строится в соответствии с общими принципами метода ветвей и границ.

Окончательная корректировка списка параметров выполняется на аналого-цифровом моделирующем комплексе. В основу этого комплекса положен имитатор, сопряженный с аппаратурой управления процессом контроля и обработки, который реализует простые физические модели объектов с теми же параметрами, что и реальная аппаратура. Предложенный имитатор позволяет воспроизводить основные функции аппаратуры. Имитатор представляет собой совокупность различных типовых функциональных элементов, позволяющих варьировать параметрами, вводить отказы и т.д.

По фиксируемым значениям выбранных параметров можно определять их эффективность, чувствительность к изменениям в схеме, степень влияния отдельных элементов друг на друга и прочее.

Рассмотренная процедура может быть рекомендована для выбора параметров сложных систем электромеханического и электронного назначения.

Л и т е р а т у р а

И. К а р и б с к и й В.В., П а р х о м е н к о П.П. и
Основы технической диагностики. М., "Энергия", 1976.

Н.Е. Конюхов, А.Б. Майер, А.А. Плют

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ
ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ПО СОВОКУПНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ

(К у й б ы ш е в)

Проблема поиска оптимального соотношения целевой отдачи с темпы и затрат на ее производство и эксплуатацию является актуальной для любых систем и должна решаться на ранних этапах проектирования. Основная трудность заключается в формализации технико-экономической модели целевой отдачи и затрат. В каждом конкретном случае эта задача решается в соответствии с назначением системы ее обобщенной структурой.

В данной работе определяются целевая отдача и затраты на производство и эксплуатацию мультипроцессорной системы и рассматривается один из путей решения задачи обеспечения минимума затрат при ограничениях на целевую отдачу.

Каждая из решаемых системой L задач характеризуется эффективностью Q_i , определяющей ее вклад в целевую отдачу.

Для большого класса систем справедливо рассматривать эффективность отдельной задачи как функцию погрешностей σ_i решения i -ой задачи и вероятности P_i правильного ее решения:

$$Q_i = \mathcal{E}_{oi} \left(1 - \frac{\sigma_i}{y_{oi}}\right) P_i, \quad (I)$$

где \mathcal{E}_{oi} и y_{oi} - эффект и результат при идеально точном ($\sigma_i = 0$) и правильном ($P_i = 1$) решении i -ой задачи.

При линейной композиции эффективностей [I] целевая отдача системы Q равна сумме эффективностей отдельных задач:

$$Q = \sum_{i=1}^L Q_i.$$

Реализуемые задачи рассматриваются аппаратурно и логически независимыми. В этом случае мультипроцессорную систему можно представить в виде следующей обобщенной структуры. Система состоит из L групп процессоров. Количество процессоров в i -ой группе I_i . Базовая структура процессора состоит из пяти блоков: 1 - арифметико-логическое устройство (АЛУ); 2 - постоянное (ПЗУ) и 3 - оперативное (ОЗУ) запоминающие устройства; 4 - устройство управления (УУ); 5 - устройство ввода-вывода (УВВ). Номер блока обозначим через α . Блок процессора i -ой группы состоит из $m_{i\alpha}$ однотипных модулей.

При определении затрат на ранних этапах проектирования следует использовать укрупненные методы расчета, которые основываются на понятиях прототипа, базовых характеристик и удельных показателей затрат [2].

Понятие прототипа используется при определении затрат, не зависящих от структуры системы, при определении некоторых зависимостей затрат от базовых характеристик. В качестве базовых характеристик в соответствии с назначением системы и условиями ее применения могут быть приняты вес (масса), объем, стоимость аппаратуры, потребляемая мощность и др. Например, затраты на изготовление системы

B_u устойчиво определяются стоимостью аппаратуры C_α :

$$B_u = K_u C_\alpha ,$$

где $K_u = (1 + k_{o3} + k_{u,p} + k_{o3,p})(1 + k_{вн} + \Pi)$ - коэффициент, учитывающий затраты на основную заработную плату, цеховые и общезаводские расходы, внепроизводственные расходы и прибыль предприятия.

Для рассматриваемой структуры

$$B_u = K_u \sum_{i=1}^L I_i \sum_{\alpha=1}^S C_\alpha m_{\alpha i} , \quad (2)$$

где C_α - стоимость одного модуля блока α .

Затраты B_g , обусловленные весом аппаратуры, определяются через удельные весовые затраты b_g , равные затратам на единицу веса в единицу времени:

$$B_g = b_g k_g \sum_{i=1}^L I_i \sum_{\alpha=1}^S g_\alpha m_{\alpha i} , \quad (3)$$

где k_g - коэффициент, учитывающий вес арматуры и других вспомогательных узлов;

g_α - вес одного модуля блока α .

Аналогично определяются затраты, обусловленные объемом или потребляемой мощностью. В конечном итоге затраты выражаются через множества структурных показателей $\{I_i\}$ и $\{m_{\alpha i}\}$, которые являются функциями погрешностей σ_i и вероятностей P_i правильного решения i -й задачи:

$$B = B(\{I_i(\sigma_i, P_i)\}, \{m_{\alpha i}(\sigma_i)\}) . \quad (4)$$

Зависимости модульностей блоков процессоров от погрешности решения задачи и от алгоритмических показателей находятся следующим образом. Количество модулей в блоке АЛУ определяется величиной разрядной сетки и разрядностью используемого модуля АЛУ

$$m_{\alpha i} = \text{ent} \frac{1}{P_i} (n_{oi} + 0,5 \log_2 \frac{0,5 n_{oni}}{z_i - 1}) + 1 , \quad (5)$$

где n_{oi} - разрядность входной информации;

$n_{oni} = n_{geni} + \frac{1}{2} n_{ym}$ - приведенное число лимитирующих операций (деления) в алгоритме решения i -й задачи;

ent - символ целой части;

$\varepsilon_i = \sigma_i / \sqrt{\sigma_{нi}^2 + \sigma_{мi}^2}$ - показатель, характеризующий увеличение наследственной и методической погрешностей при выполнении арифметических операций.

Модульности блоков запоминающихся устройств m_{2i} и m_{3i} определяются по формулам:

$$m_{2i} = \left(ent \frac{M_{2i}}{S_2} + 1 \right) \left(ent \frac{n_{1i}}{r_2} + 1 \right), \quad (6)$$

$$m_{3i} = \left(ent \frac{M_{3i}}{S_3} + 1 \right) \left(ent \frac{n_{1i}}{r_3} + 1 \right),$$

где r_2, r_3 и S_2, S_3 - разрядность и количество хранимых слов в одном модуле;

n_{1i} - разрядность операндов;

M_{2i}, M_{3i} - массивы слов, требующих обращения к ПЗУ и ОЗУ, соответственно.

При укрупненных расчетах считаем, что модульность m_{4i} блока УУ определяется разрядностью кода микрокоманды, т.е. количеством микроопераций μ_i и операндов M_{2i} и M_{3i} в реализуемом алгоритме:

$$m_{4i} = ent \frac{1}{r_4} (\log_2 \mu_i - 1) + ent \frac{1}{r_4} (\log_2 M_{2i} - 1) + ent \frac{1}{r_4} (\log_2 M_{3i} - 1) + 3. \quad (7)$$

Модульность m_{5i} блоков УВВ определяется разрядностью n_{2i} кода вводимой и выводимой информации и разрядностью r_5 одного модуля УВВ:

$$m_{5i} = ent \frac{n_{2i}}{r_5} + 1. \quad (8)$$

Количество процессоров в i -й группе:

$$l_i = ent \frac{\lg(1 - P_i)}{\lg[1 - P_{oi}(z_i)P_{ci}(z_i)]} + 1, \quad (9)$$

где $P_{oi}(z_i)$ и $P_{ci}(z_i)$ - вероятности безотказной и безбойной работы процессоров, зависящие от модульности блоков. Величина P_{ci} определяется интенсивностью сбоя λ_{ci} одного процессора без системы контроля и методом организации системы контроля.

По выражениям (5-9) и (2,3) находится зависимость затрат (4) от показателей точности ε_i и надежности P_i ($i = \overline{1, L}$). Обозначим

через $\sigma'_{ni} = \sqrt{\sigma_{ni}^2 + \sigma_{mi}^2} / y_{oi}$, получим выражение для целевой отдачи:

$$Q = \sum_{i=1}^L z_{oi} (1 - \sigma'_{ni} z_i) P_i. \quad (10)$$

Полученные выражения позволяют математически сформулировать задачу оптимизации: определить множества $\{P_{ionm}\}$ и $\{z_{ionm}\}$, элементы которых связаны между собой соотношением (9) и обеспечивая выполнение условия минимума затрат и ограничивающих условий в целевую отдачу $Q(P_{ionm}, z_{ionm}) \geq Q_{don}$ и на показатели точности и надежности: $0 < P_{ionm} < 1$, $1 < z_{ionm} < z_{idon}$.

Наиболее эффективным методом решения задачи является метод случайного поиска с обучением [3]. Итерационный процесс алгоритма покоординатного обучения записывается в виде: $U_{n+1} = U_n + \alpha \xi_n$, где U_n и U_{n+1} - векторы аргументов минимизируемой функции; ξ_n - вектор случайных чисел, принимающих значения ± 1 , зависящий от вектора - параметра $\omega_n = \{\omega_n^i\}$, $i = \overline{1, L}$; $\alpha = const > 0$.

Координаты вектора ω_n определяются по формуле:

$$\omega_n^i = \beta \omega_{n-1}^i - \sigma \text{sign} \{ [B(U_{n-1}) - B(U_{n-2})] (U_{n-1}^i - U_{n-2}^i) \}.$$

По значению этого параметра на каждом шаге итерации определяется вероятность p_n^i - того, что случайное число $\xi_n^i = 1$, и равная 0 при $\omega_n^i < -1$, $\frac{1}{2}(1 + \omega_n^i)$ при $|\omega_n^i| < 1$ и 1 при $\omega_n^i > 1$.

В результате решения задачи определяются оптимальные значения затрат B_{onm} и целевой отдачи Q_{onm} , показатели точности $\{z_{ionm}\}$ и надежности $\{P_{ionm}\}$ для всего множества реализуемых задач и структурные показатели - число процессоров $\{I_i\}$ и модульность блоков $\{m_{\alpha i}\}$ - однозначно определяющие структуру системы

Л и т е р а т у р а

1. Р а к о в Г.К. Методы оптимизации структур вычислительных систем. М., "Энергия", 1974, с. 13-14.
2. Г л и ч е в А.В. Экономическая эффективность технических систем. М., "Экономика", 1971, с. 137-146.
3. В а с и л ь е в Ф.П. Лекции по методам решения экстремальных задач. М., МГУ, 1974, с. 148-154.