



УДК 004.7

МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Д.В. ГОРБАЧЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный институт менеджмента», г. Оренбург, Россия

e-mail: gordi47@mail.ru

При решении задач оценки технико-экономических показателей распределенной вычислительной системы (РВС) возникает проблема формирования критерия эффективности используемого решения. Источником данной проблемы является большое разнообразие типового и конфигурационного состава вычислительных средств, а также их различия в стоимости и режимах эксплуатации. Решение этой проблемы является важной и актуальной задачей, поскольку позволяет, используя алгоритмы математического программирования, определить, как минимум, рациональные варианты комплектования РВС.

Ключевые слова: распределенная вычислительная система, инфраструктура вычислительных средств, критерий синтеза, модель маршрута обработки информации.

Введение

Основу синтеза инфраструктуры распределенной вычислительной системы составляет суммарная годовая программа обработки данных. При формировании суммарной годовой программы определяются ее обобщенные показатели в соответствии с подходом к обработке информации. Все многообразие информационных обращений к системе может быть разделено на следующие шесть групп:

- интерактивные запросы к БД на выборку, обновление, добавление, удаление данных;
- динамические запросы к БД, транзакции;
- обращение к вычислительным процедурам или подпрограммам;
- аутентификация пользователей;
- системное взаимодействие аппаратных средств и операционной системы;
- запросы на использование периферийного оборудования
- коммуникационное и коммутационное взаимодействие вычислительных средств [1].

Проектирование инфраструктуры РВС как сложной технической системы предполагает выполнение процедур структурного и параметрического синтеза. В фазе структурного синтеза выбирается технологическая структура обработки данных, а в фазе параметрического синтеза на основе комплекса локальных решающих процедур определяются конфигурационные параметры вычислительных средств (серверов, рабочих станций, коммутационных и коммуникационных устройств и т.д.), ориентированные на повышение технико-экономических показателей системы.

Эффективность и производительность вычислительных средств РВС непосредственно зависят от уровня их использования и загрузки и в количественном отношении характеризуются соответствующими коэффициентами. При этом загрузка аппаратного обеспечения РВС определяется планом и технологическими маршрутами обработки запросов.

Общей целью исследования является разработка методического подхода к формированию модели выбора рационального комплекта инфраструктурных вычислительных средств РВС на основе критерия эффективности структурного решения.

Постановка задачи

Инфраструктура РВС характеризуется составом (номенклатурой) вычислительных средств и определяется объемом поступающих в систему запросов на обработку, производительностью оборудования и определяющими информационными



связями между элементами системы (ветвление и соединение потоков обрабатываемой информации).

Распределенная вычислительная система, являясь инфраструктурным компонентом информационной системы, предназначена для обработки n типов ($k = \overline{1, n}$) запросов к информационным ресурсам системы; причем суммарная программа обработки запросов каждого типа равна N_k . Для каждой k -й группы запросов возможна реализация M_k технологических маршрутов обработки ($j = \overline{1, M_k}$). Общее время обработки запросов k -й группы на j -й операции i -м оборудовании (вычислительном средстве) равна t_{ijk} , реальный фонд времени работы (например, годовой) i -го элемента оборудования принимается в размере $T_{\exists i} K_{Ii}$ (где $T_{\exists i}$ – эффективный годовой фонд времени использования вычислительного средства, K_{Ii} – коэффициент использования). Во всех технологических маршрутах обработки n групп запросов используется I типов элементов оборудования ($I = \overline{1, I}$). В том или ином маршруте j при обработке того или иного запроса k -й группы вычислительное средство i может не использоваться ($t_{ijk} = 0$). Затраты на его приобретение и эксплуатацию i -го элемента оборудования составляют C_i . Имеется, таким образом, множество технологических маршрутов, соответствующим образом совмещенное с множеством обрабатываемых запросов. Требуется выбрать оптимальную структуру РВС, т.е. номенклатуру и число вычислительных средств в совокупности с технологическими маршрутами обработки запросов всех n групп [2].

Критерий оптимальности

$$\Phi = \sum_{i=1}^I C_i S_i \rightarrow \min. \quad (1)$$

Ограничения:

по технологическому маршруту: $L_{kj} = \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases}$

где $L_{ijk} = 1$ в случае если элемент оборудования i -го типа используется на j -й операции обработки запросов k -й группы; $d_{ijk} = 0$ в противном случае,

$$\sum_{i=1}^{M_k} L_{ijk} = 1; \quad k = \overline{1, n};$$

по программе обработки и реальному фонду времени (например, годовому):

$$\sum_{k=1}^n N_k \sum_{j=1}^{M_k} t_{ijk} L_{ijk} \leq S_i T_{\exists i} K_{Ii}; \quad i = \overline{1, I};$$

по переменным $S_i \geq 0$ – целые; $i = \overline{1, I}$;

по дефицитности оборудования $S_{ijk} \leq \bar{S}_{ijk}$; $i = \overline{1, I}$, где \bar{S}_{ijk} – допустимое (или имеющееся в распоряжении) число вычислительных средств i -го типа на j -й операции k -ом маршруте;

по надежности системы $\prod_{i=1}^I f_{ijk}(S_{ijk}) \geq a$; $S_{ijk} \geq 0$ – целые; $i = \overline{1, I}$, где $f_{ijk}(S_{ijk}) = 1 - p_{ijk}^{S_{ijk}}$ – зна-

чение показателя надежности S_{ijk} вычислительных средств; $p_{ijk}^{S_{ijk}}$ – вероятность отказа S_{ijk} вычислительных средств; a – требуемое значение показателя надежности системы.

Математически данная модель соответствует набору задач о назначении [3].

Решение задачи.

Процедура выбора структуры РВС состоит из следующих этапов:

1. Построение вариантов технологических маршрутов обработки запросов каждого типа;



2. Анализ технологических маршрутов и выбор допустимых конфигураций Вычислительных средств по всей номенклатуре обрабатываемых запросов;
3. решение оптимизационной задачи выбора конкурирующих вариантов структуры РВС на основе целевой функции;
4. Принятие решения по выбору лучшего варианта их группы конкурирующих.

Построение вариантов технологических маршрутов обработки запросов и выбор соответствующих вычислительных средств осуществляется на этапе эскизного проектирования информационной системы.

На втором этапе проводится анализ технологических маршрутов для запросов всех групп и выявляется множество U допустимых конфигураций вычислительных средств проектируемой РВС.

Каждая допустимая конфигурация вычислительных средств задается вектором

$$u_{\beta} = (a_{\beta 1}, \dots, a_{\beta i}, \dots, a_{\beta I}), \quad (2)$$

где β – номер допустимой конфигурации; I – общее число типов вычислительных средств; $a_{\beta i} = \{1, 0\}$ (0 – оборудование i -го типа в β -й конфигурации не применяется; 1 – использование оборудования i -го типа в β -й конфигурации).

В полное множество U всех допустимых конфигураций вычислительных средств входят все допустимые варианты $u_{\beta} \in U$, формируемые по исходной таблице вариантов технологических маршрутов для запросов всех типов.

Наличие полного множества U всех допустимых конфигураций вычислительных средств позволяет сформировать группу конкурирующих вариантов структуры РВС с близкими значениями целевой функции. Тем самым при введении дополнительных оценок качества создается возможность организации процесса принятия решения лицом, принимающим решения.

Введем следующие обозначения: L_{km} – переменная, определяющая выбор m -го варианта технологического маршрута для запросов k -й группы; Y_i – суммарная емкость обработки запросов n технологических групп на оборудования i -го типа, определяемая соотношением

$$Y_i = \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^{M_n} N_k V_{kmi} L_{km}, \quad (3)$$

для $i = \overline{1, I}$, $\sum_{m=1}^{M_n} L_{km} = 1$, для $k = \overline{1, n}$, при $L_{km} \in \{1, 0\}$;

где V_{kmi} – емкость обработки запросов k -го типа по m -му технологическому маршруту на вычислительном средстве i -го типа.

Конфигурация u_{β} является допустимой ($u_{\beta} \in U$), если существует такой набор вариантов технологических маршрутов $L_{km} \in \{1, 0\}$, при котором для любого типа запросов ($k = \overline{1, n}$) и любого типа оборудования ($i = \overline{1, I}$) выполняется условие:

$$u_{\beta} \in U \Leftrightarrow \begin{cases} Y_i > 0, \text{ при } a_{\beta i} = 1; \\ Y_i = 0, \text{ при } a_{\beta i} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

для $L_{km} \in \{1, 0\}$, $k = \overline{1, n}$, $m = \overline{1, M_n}$,

где векторы u_{β} формируются в результате полного перебора всех $(2^I - 1)$ сочетаний оборудования I типа. Для решения задачи формирования допустимых конфигураций используется комбинаторный алгоритм проверки выполнения указанного условия, определяющий принадлежность u_{β} к допустимой конфигурации $u_{\beta} \in U$.

После формирования полного множества U допустимых конфигураций все входящие в него конфигурации u_{β} перенумеровываются по порядку ($\beta = \overline{1, B}$), где B – общее число конфигураций.



Выбор группы конкурирующих вариантов структуры РВС производится в два этапа. На первом этапе методами целочисленного линейного программирования решается задача выбора структуры РВС по минимуму функции Φ_β затрат для каждой β -й допустимой конфигурации $u_\beta \in U$, $\beta = \bar{1}, \bar{B}$, принадлежащей полному множеству допустимых конфигураций вычислительных средств. В результате решения задачи каждой конфигурации u_β^* будет соответствовать минимально возможное значение функции затрат Φ_β^* и соответствующий этому значению количественный состав оборудования $S_i^{\beta^*}$ для $i = \bar{1}, \bar{I}$.

Экономическая целевая функция имеет вид

$$\Phi_\beta = \sum_{i=1}^I (C_i S_i^\beta + C_{эi} a_{\beta i}), \quad (5)$$

где $S_i^{\beta^*}$ – целые (число единиц оборудования i -го типа для β -го варианта допустимой конфигурации); $C_{эi}$ – коэффициент эксплуатационных затрат, учитывающий однородность используемого оборудования, $a_{\beta i} \in \{0, 1\}$, $a_{\beta i} \in u_\beta$, $u_\beta \in U$ для $\beta = \bar{1}, \bar{B}$.

На втором этапе все варианты сортируются по возрастанию значения Φ_β^* и выбирается множество конкурирующих вариантов, удовлетворяющее требованиям, предъявляемым лицом, принимающим решение:

$$\Phi_\beta^*, S_i^{\beta^*} \text{ соответствует } u_\beta^* \in U^* \text{ при } \Phi_\beta^* \leq \bar{\Phi},$$

где U^* – множество конкурирующих вариантов структуры РВС; $\bar{\Phi}$ – максимальное значение целевой функции.

Задача решается при ограничениях на баланс объемов емкости оборудования обрабатываемых запросов и действительный фонд рабочего времени по каждому типу оборудования

$$S_i^\beta - \frac{1}{T_{Ди}} \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^{M_n} N_k V_{kmi} L_{km} - \Delta S_i \geq 0, \quad (6)$$

для $i = \bar{1}, \bar{I}$,

где $T_{Ди}$ – действительный фонд рабочего времени для вычислительных средств i -го типа (S_i^β), $\Delta S_i \geq 0$; J – общее число используемых дефицитных ресурсов; R_j – значение ограничений по j -му используемому ресурсу (площадь помещений, энергопотребление, трудовые ресурсы и т.д.); Q_{ji} – удельные затраты j -го ресурса на единицу вычислительных средств i -го типа (S_i^β), $\Delta S_i \geq 0$; ΔS_i – допустимая погрешность определения числа вычислительных средств i -го типа.

В данном ограничении существуют две стратегии определения вариантов маршрутов путем выбора области изменения переменной L_{km} :

$L_{km} \in \{0, 1\}$ – однозначный выбор одного из вариантов маршрутов;

$L_{km} \in [0, 1]$ – смешанная стратегия, пустить часть запросов k -го типа по m -му технологическому маршруту.

При выборе маршрутов L_{km} обработки запросов всегда должно выполняться условие

$$\sum_{m=1}^{M_n} L_{km} = 1 \text{ для } k = \bar{1}, \bar{n}.$$

Объем дефицитных ресурсов учитывается ограничениями

$$\sum_{i=1}^I Q_{ji} S_i^\beta \leq R_j \text{ для } j = \bar{1}, \bar{J}.$$



Поиск допустимого решения проводится в границах, заданных вектором допустимых конфигураций $u_\beta = (a_{\beta 1}, \dots, a_{\beta i}, \dots, a_{\beta I})$, для которого должно выполняться следующее условие

$$S_i^\beta \leq X a_{\beta i} \text{ для } i = \overline{1, I},$$

где X – достаточно большое число, значительно превышающее значение S_i^β .

Решение данной задачи позволяет определить экономически оптимальное число S_i^β вычислительных средств РВС для всех $i = \overline{1, I}$, а также выбрать соответствующие варианты технологических маршрутов обработки запросов каждого типа.

Выводы

Таким образом, в результате выполнения перечисленных процедур формируется группа конкурирующих вариантов структуры РВС с близкими значениями целевой функции. Для принятия решения о выборе наиболее рационального варианта применяется комплексная экспертиза. Для получения комплексной оценки используется набор критериев, влияющих на качество обработки информации, экономию ресурсов, трудозатраты персонала, гибкость и мобильность системы при переходе на обработку новых групп запросов.

В качестве базовых может быть принят набор следующих критериев: технический уровень и «возраст» вычислительных средств; авторитет марки изготовителя, дефицитность вычислительных средств, обеспеченность сервисным обслуживанием, возможность контроля и диагностики, универсальность, точность, габариты и занимаемая площадь, возможность резервирования.

Работа выполнена в рамках государственного контракта №02.740.11.0666 (шифр заявки «2010-1.1-215-033-032»).

Список литературы

1. Горбачев Д.В. Информационные технологии управления : учеб. пособие / Д.В. Горбачев. – Оренбург: Оренб. гос. ин-т менеджмента, 2011. – 327 с.
2. Горбачев Д.В. Критериальные вопросы синтеза структуры автоматизированной обработки информации и управления / Современные информационные технологии в науке образовании и практике: материалы четвертой всерос. науч.-практ. конф. / Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. – С. 42-49.
3. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П. Зайченко. – К.: Вища школа, 1979. – 392 с.

MODELS OF BUILDING-UP A DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEM INFRASTRUCTURE

D.V. GORBACHEV

Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Orenburg State Institute of Management», Orenburg, Russia

e-mail: gordi47@mail.ru

While solving the tasks of evaluating technical-economical characteristics of a distributed computing system (DCS) there arises a problem of defining criterion of effectiveness of the solution found. The reason of the problem is a great variety of computing facilities types and configurations and also the difference in their costs and operating modes. This problem is important and up-to-date as with the help of mathematical programming algorithms its solution allows to determine the most efficient variants of DCS integration.

Key words: distributed computing system, computing facilities infrastructure, synthesis criterion, information routing model.