

Раздел II. Автоматизация проектирования

УДК 681.31

Б.К. Лебедев, Н.Н. Венцов

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ САПР СБИС*

В работе представлен адаптивный алгоритм, управляющий процессом формирования текущего маршрута передачи проектных данных в распределенной САПР. Ключевыми компонентами алгоритма, отвечающими за выработку решений, являются автоматы адаптации и метод муравьиной колонии.

Управление данными; оптимизация; автоматы адаптации; муравьиные алгоритмы.

B.K. Lebedev, N.N. Vencov

ADAPTIVE MANAGEMENT INFORMATION FLOW DISTRIBUTED CAD VLSI

In work is presented adaptive algorithm, control process of the shaping the current route of the issue design given in distributed CAD. The key component of the algorithm, have charge of production of the decisions, are an automatons to adaptation and method to ants colony.

Management data; optimization; automatons to adaptation; ants algorithms.

Введение. Разбиение исходной проектной задачи позволяет организовать параллельное решение полученных подзадач средствами распределенных САПР (РСАПР). В процессе реализации запросов к удаленным узлам возникает задача адаптивного управления выбором маршрута передачи проектных данных. Необходимость адаптивного управления обусловлена отсутствием единого теоретического подхода к прогнозированию сетевого трафика [1], и, как следствие, непредсказуемыми изменениями пропускных способностей каналов передачи данных. Разрабатываемые в настоящее время для стандартных телекоммуникационных систем подходы к адаптивному управлению маршрутами передачи данных не в полной мере приемлемы для РСАПР. Например, представленный в [2,3] алгоритм апостериорной K -поточковой маршрутизации предполагает планирование в каждом узле маршрута, начиная с узла источника, $K \geq 2$ оптимальных (субоптимальных) маршрутов передачи данных к узлу получателю, то есть требует предоставления вычислительных ресурсов каждым узлом, входящим в маршрут. Узлы РСАПР, кроме задач телекоммуникационного характера, решают ресурсоемкие проектные задачи. По этой причине необходимо разработать адаптивный алгоритм маршрутизации, требующий минимум вычислительных ресурсов [4].

Формулировка задачи. Как динамическую систему обмена данными РСАПР можно представить графом

$$G(t) = G(A(t), R(t), W(t)), \quad (1)$$

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 10-07-90017, № 09-01-00509), г/б № 2.1.2.1652.

где A – множество вершин графа (компьютеры-узлы РСАПР); R – множество ребер графа (каналы связи); W – веса ребер (параметры каналов связи).

Каждому ребру $g_{ij} \in R$, соединяющему вершины $a_i \in A$ и $a_j \in A$, соответствуют две характеристики w_{ij} – максимально возможная пропускная способность и $w_{ij}(t)$ – пропускная способность момент времени t . Элементы $w_{ij}(t)$ ($i, j=1, 2, \dots, |A|$) образуют матрицу $W(t)$ размерности $|A| \times |A|$, где $|A|$ – число вершин в графе описывающем пропускную способность каналов связи РСАПР в момент времени t . Маршруту L_{ip} , по которому передаются данные от вершины $a_i \in A$ (узла-отправителя) к вершине $a_p \in A$ (узлу-получателю), также соответствуют две характеристики $P(L_{ip})$ – максимальная пропускная способность маршрута и $P(L_{ip}(t))$ – пропускная способность маршрута в момент времени t . Под максимальной пропускной способностью понимается скорость передачи данных относящихся к решаемой задаче при монопольном доступе к соответствующим каналам связи. Под пропускной способностью понимается скорость фактической или возможной передачи данных относящихся к решаемой задаче. Ребро в маршруте с наименьшей пропускной способностью определяет пропускную способность всего маршрута передачи данных:

$$P(L_{ip}(t)) = \min \{ w_{l_j}(t) \mid r_{l_j} \in L_{ip}(t) \}. \tag{2}$$

Адаптивный алгоритм решения задачи. Разработанный алгоритм осуществляет динамическое управление маршрутами передачи данных на основе анализа состояния среды проводимого в дискретные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n (частота дискретизации составляет одну секунду), при помощи двух автоматов адаптации (АА) [5,6]. Решение о том, какой из АА будет активен в данный момент, т.е. будет осуществлять выбор реализуемой альтернативы, принимается на основе анализа состояния среды. Основным является АА, схема которого изображена на рис. 1. В ситуациях, когда пропускная способность канала связи возрастает более, чем на 40 % в течении одной итерации, активируется АА, схема которого приведена на рис. 2. Применяемые АА поддерживают две альтернативы:

- ◆ A_1 – поиск нового маршрута методом муравьиной колонии, с последующей передачей по нему данных в течении n временных интервалов;
- ◆ A_2 – передача данных по текущему маршруту в течении n временных интервалов.

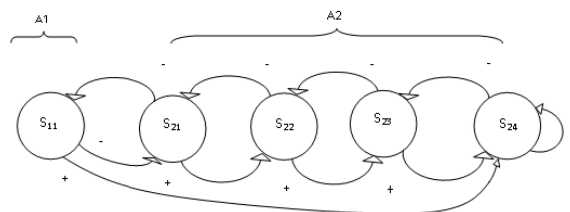


Рис. 1. Схема основного АА

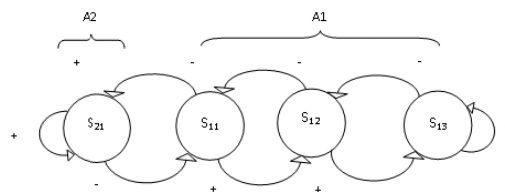


Рис. 2. Схема АА, реагирующего на резкое возрастание пропускной способности

Работа предлагаемого адаптивного алгоритма начинается с реализации начальной альтернативы A_1 . В дальнейшем алгоритм функционирует итеративно до тех пор, пока не будут переданы все данные от узла-отправителя к узлу-получателю.

На каждой итерации выполняется четыре шага:

1. Состояние сети анализируется в дискретные моменты времени $t_r, \dots, t_{r+n-1}, t_{r+n}, t_{r+n+1}, t_{r+n+2}, \dots, t_{r+2n+1}$, где t_{r+n+1} – момент начала реализации текущей альтернативы. Определяются значения величин $P(L_{ip}(t_r)), \dots, P(L_{ip}(t_{r+n-1})), P(L_{ip}(t_{r+n})), P(L_{ip}(t_{r+n+1})), P(L_{ip}(t_{r+n+2})), \dots, P(L_{ip}(t_{r+2n+1}))$.

2. На основе анализа значений $P(L_{ip}(t_r)), \dots, P(L_{ip}(t_{r+n-1})), P(L_{ip}(t_{r+n})), P(L_{ip}(t_{r+n+1})), P(L_{ip}(t_{r+n+2})), \dots, P(L_{ip}(t_{r+2n+1}))$ принимается решение о активации необходимого АА, а также выработке активным АА сигнала поощрения или наказания.

3. Под действием выработанного сигнала активный АА переходит в новое состояние.

4. Реализуется одна из двух альтернатив A_1 или A_2 , соответствующая новому состоянию активного АА.

Рассмотрим правила выработки управляющих сигналов, которые являются общими для используемых АА. Если АА находится в состоянии соответствующем альтернативе A_1 , то сигнал поощрения выполняется в случае, если истинно условие:

$$\alpha \cdot \sum_{j=r+n+1}^{r+n+n+1} P(L_{ip}(t_j)) > \sum_{i=r}^{r+n} P(L'_{ip}(t_i)), \quad (3)$$

где L_{ip} – маршрут, полученный на предыдущей итерации; L'_{ip} – маршрут, полученный непосредственно перед маршрутом L_{ip} ; $t_r \dots t_{r+n}$ – моменты времени, в которые данные передавались по маршруту L'_{ip} (т.е. непосредственно предшествующие реализации альтернативы A_1); $t_{r+n+1} \dots t_{r+n+n+1}$ – моменты времени, в которые данные передавались по маршруту L_{ip} (т.е. наступившие после реализации альтернативы A_1); α – эмпирически определяемый коэффициент, равный 0,7–0,9.

Если АА находится в состоянии, соответствующем альтернативе A_2 , то сигнал наказания вырабатывается в случае, если истинно условие:

$$\left(\sum_{j=r+n+1}^{r+n+n+1} P(L_{ip}(t_j)) < \beta \cdot \sum_{i=r}^{r+n} P(L_{ip}(t_i)) \right) \text{or} \left(\gamma \cdot P(L_{ip}) > \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=r+n+1}^{r+n+n+1} P(L_{ip}(t_j)) \right), \quad (4)$$

где $t_r \dots t_{r+n}$ – моменты времени непосредственно предшествующие реализации альтернативы A_2); $t_{r+n+1} \dots t_{r+n+n+1}$ – моменты времени, наступившие после реализации альтернативы A_2 ; β – эмпирически определяемый коэффициент, равный 0,7–0,8; γ – эмпирически определяемый коэффициент в диапазоне 0,1–0,3.

Метод муравьиной колонии. При реализации альтернативы A_1 в качестве механизма поиска оптимального маршрута используется метод муравьиной колонии. Основная идея метода состоит в том, что каждый муравей осуществляет поиск маршрута самостоятельно, но при этом использует опыт своих предшествен-

ников. Обмен опытом заключается в изменении/оценке состояния окружающей среды и выражается в отложении феромона.

Программной генерации первого муравья предшествует создание матрицы распределения феромона $F(k)$ размерности $|A| \times |A|$, где k – количество муравьев, опыт которых учтен при формировании матрицы. В начале работы муравьиного алгоритма $k=0$, элементы матрицы $F(0)$, определяются по правилу

$$f_{ij}(0) = \begin{cases} fer_0, & \text{если } r_{ij} \in R; \\ 0, & \text{если } r_{ij} \notin R, \end{cases} \quad (5)$$

где $fer_0 = 0.001$.

Муравей начинает движение из вершины a_i с целью определения оптимального маршрута в вершину a_p . Выбор направления движения из текущей вершины a_i определяется на основе вероятностно-пропорционального правила:

$$V_{ij,k}(t) = \frac{[f_{ij}(k-1)]^\alpha \cdot [w_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{l \in I_{i,k}} [f_{ij}(k-1)]^\alpha \cdot [w_{ij}(t)]^\beta}, \quad (6)$$

где $V_{ij,k}(t)$ – вероятность перехода k -го муравья из вершины a_i в смежную вершину a_j в момент времени t ; $w_{ij}(t)$ – скорость передачи данных между смежными вершинами a_i и a_j в момент времени t ; $f_{ij}(k-1)$ – уровень феромона на ребре r_{ij} после генерации $k-1$ муравьев.

В процессе движения муравей сохраняет упорядоченный список пройденных ребер. Допускается многократное прохождение муравьем любого ребра, с целью выхода из тупиковых вершин. После того, как найдена искомая вершина a_p , из маршрута удаляются циклы и определяется пропускная способность найденного ациклического маршрута.

После того, как k -й муравей определил маршрут от вершины a_i к вершине a_p , определяется количество феромона, которое необходимо отложить на пройденных ребрах, а также смоделировать процесс испарения феромона.

Количество феромона Δf , откладываемого на ребрах, входящих в маршрут, $L_{ip}(t)$ определяется по формуле:

$$\Delta f = \left(1 - \frac{1}{P(L_{ip}(t))} \right)^n, \quad (7)$$

где $n=2..5$.

Матрица $F(k)$ определяется на основе матрицы $F(k-1)$ по правилу

$$f_{ij}(k) = \begin{cases} f_{ij}(k-1) + \Delta f, & \text{если } r_{ij} \in R \\ f_{ij}(k-1), & \text{если } r_{ij} \notin R, \end{cases} \quad (8)$$

где $j \in \{1, 2, \dots, |A|\}$.

Испарение феромона моделируется пересчетом элементов матрицы $F(k)$ по правилу:

$$f_{ij}(k) = \begin{cases} f_{ij}(k) - \delta \cdot f_{ij}(k-1), & \text{если } f_{ij}(k) - \delta \cdot f_{ij}(k-1) \geq fer_0 \\ fer_0, & \text{если } f_{ij}(k) - \delta \cdot f_{ij}(k-1) < fer_0, \end{cases} \quad (9)$$

где δ – коэффициент испарения феромона (0.1-0.3).

После того, как рассчитаны элементы матрицы $F(k)$, генерируется $k+1$ муравей, работа муравьиного алгоритма повторяется до тех пор, пока не будет сгенерировано заданное число муравьев m . Оптимальный маршрут выбирается на основе матрицы $F(m)$.

Заключение. Основными достоинствами разработанного алгоритма, по сравнению с алгоритмом апостериорной K -поточковой маршрутизации являются:

- ◆ поиск только одного маршрута соединяющего узел-отправитель с узлом-получателем, что уменьшает ВСА предлагаемого алгоритма;
- ◆ наличие адаптивного механизма определяющего необходимость изменения текущего маршрута передачи данных способствует более рациональному использованию вычислительных и пространственных ресурсов системы;
- ◆ промежуточные, по отношению к отправителю и получателю, узлы РСАПР не принимают участия в управлении маршрутизацией транзитного трафика, что способствует их более эффективному функционированию при решении проектных задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Стецко А.А.* Автоматизированное проектирование вычислительных сетей крупных проектных организаций: Автореф. дис. докт. техн. наук. – Ульяновск, 2008. – 38 с.
2. *Syrtez A.V., Timofeev A.V.* Neural and Multi-Agent Routing in Telecommunication Networks. – International Journal "Information Theories and Their Applications". – 2003. – Vol. 10, №2. – P. 167-172.
3. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР". – 2009. – № 4 (93). – С. 16-24.
4. *Чернышев Ю.О., Белявский П.Г., Полуян А.Ю.* Эволюционный подход к решению задачи о назначении через определение кратчайшего пути // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР". – № 9 (86). – С. 18-24.
5. *Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б.* Поисковая адаптация: теория и практика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.
6. *Лебедев Б.К.* Методы поисковой адаптации в задачах автоматизированного проектирования СБИС: Монография. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.

Лебедев Борис Константинович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: lbk@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371743.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; профессор.

Lebedev Boris Konstantinovich

Taganrog Institute of Technology - Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University".

Email: lbk@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371743.

Department of Computer Aided Design; professor.

Венцов Николай Николаевич

Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения (РГАСХМ).

E-mail: vencov@list.ru.

344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 1.

Тел.: 88632589129.

Кафедра прикладной математики и вычислительной техники; доцент.

Vencov Nikolay Nikolaevich

Rostov-on-Don State Agricultural Engineering Academy.

E-mail: vencov@list.ru.

1, Strana Sovetov street, Rostov-on-Don, 344023, Russia.

Тел.: 88632589129.

The applied mathematics and computer facilities: associate professor.

УДК 645.231.11:78

В.В. Янушко, С.Н. Еркин

**ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА БАЗЕ UML (USE CASE) ДИАГРАММЫ***

В статье рассматривается процесс автоматизации проектирование изделия. Приводится обобщенная схема автоматизации процесса проектирования (АПП). На основании функциональной эквивалентности приводится замена обобщенной схемы АПП на диаграммы UML (Use case).

Процесс автоматизации проектирование изделия; диаграммы UML.

V.V. Janushko, S.N. Erkin

**CONSTRUCTION OF THE PROCESS AUTOMATION PRODUCT DESIGN
BASED ON UML (USE CASE) DIAGRAMS**

This article discusses the process of design automation products. A generalized scheme of the automation design process (AMS). On the basis of functional equivalence provides replacement generalized scheme for AMS diagrams UML (Use case).

Automation engineering products; UML diagrams

Повышение производительности труда и общей эффективности производства неразрывно связаны с применением прогрессивных технологий в производстве и технологической подготовке производства с широким применением САПР систем. В основе автоматизации сборочного производства лежит задача автоматизации проектирования технологического процесса сборки изделия с максимальным использованием формализованных данных производственной среды.

Рассмотрим процесс автоматизированного проектирования радио электронного оборудования (РЭО), составные элементы которого представлены на рис. 1.

Исходным документом для начала проектирования является техническое задание (ТЗ). В нем перечислены все технические требования, предъявляемые к создаваемой аппаратуре. В состав основных требований входят:

- ◆ значения выходных характеристик и их допустимые разбросы;
- ◆ показатели надежности: вероятность безотказной работы, время эксплуатации, срок службы и др.;

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты №10-01-00115, №10-01-90017), г/б № 2.1.2.1652.