

## УПРАВЛЕНИЕ МАРШРУТИЗАЦИЕЙ И ПОТОКАМИ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

к.т.н. Г.А. Кучук, к.т.н. Ю.А. Акимова, С.Ю. Гайдаров  
(представил проф. А.В. Королев)

Предложен алгоритм маршрутизации для корпоративных информационных систем, основанный на методе последовательного анализа.

При реализации корпоративных информационных систем (КИС) на базе современных Internet - технологий одним из важнейших вопросов является организация централизованного управления информационными ресурсами сети с одновременным разграничением доступа пользователей внешних сетей. Основным информационным объектом, используемым при работе сервера доступа КИС для обеспечения хранения информации о состоянии системы и фиксации регистраций пользователей, является журнал регистрации (динамический или статический). Данные журнала регистрации используются для динамического мониторинга системы и получения различных статистических отчетов об ее работе, таких как активность пользователей, частота доступа к тем или иным ресурсам, распределение потока данных, формирование маршрутов передачи данных.

Формирование журнала регистрации и базовое распределение требуемого потока реализуется в расчете на среднюю нагрузку в максимально загруженную единицу времени планируемого периода. Текущее (плановое) распределение потока данных и формирование соответствующих записей в журнале регистрации реализуется на основании статистической информации о требуемых потоках и пропускной способности каналов передачи данных в момент распределения. Внеплановое распределение потока реализуется при удалении (добавлении) каналов передачи данных и пользователей КИС или при перезагрузке отдельных участков КИС.

Централизованный способ формирования таблиц маршрутизации в журнале регистрации обеспечивает высокую пропускную способность сети, что объясняется наличием информации о топологии сети и интенсивности входных потоков данных.

Формирование таблиц маршрутизации и алгоритм их корректировки, основанный на модифицированном симплекс - методе, позволяет получать оптимальные распределения потока в сети с точки зрения минимизации времени передачи пакета [1]. Однако высокие требования данного алгоритма к быстродействию ЭВМ ограничивают возможность его применения. Кроме того, данный алгоритм не позволяет учитывать специфические для КИС тре-

бования к надежности и живучести сети. Предлагаемый в данной работе алгоритм формирования таблиц маршрутизации, основанный на методе последовательного анализа, позволяет учесть эти требования.

В качестве исходных данных для формирования таблиц маршрутизации имеем: КИС, интерпретируемую неориентированным графом  $G = (V, E, w)$ , где  $V$  – множество вершин, соответствующим узлам КИС;  $E$  – множество ребер, соответствующих каналам передачи данных;  $w: E \rightarrow R_+$  – функция, задающая вес каждого ребра (т.е. пропускную способность каналов передачи данных). Маршруты передачи данных в графе  $G$  задаются множеством  $P$ . Каждый маршрут задан тройкой параметров

$$\langle S_E, S_v, f \rangle,$$

где  $S_E$  – последовательность ребер графа  $G$ , составляющих маршрут;  $S_v$  – множество, в которое включены следующие вершины:  $v_n$  – вершина графа  $G$ , в которой маршрут начинается и  $v_k$  – вершина, в которой маршрут заканчивается;  $f$  – числовая характеристика потока, передаваемого по маршруту.

Алгоритм формирования таблиц маршрутизации для узлов КИС (вершин множества  $V$ ) основан на методе последовательного анализа вершин графа  $G$  и построении для каждой из них соответствующей таблицы. Пусть на некотором шаге метода последовательного анализа рассматривается вершина  $v \in V$ . Из множества маршрутов  $P$  для выбранной вершины  $v \in V$  с учетом инцидентных ей ребер формируется подмножество маршрутов  $P_{(v)}$ , проходящих через эту вершину, т.е.

$$\exists v_i \in V : (v_i, v) \in P_{(v)} \subset P : S_E \cap I_v \neq \emptyset,$$

где  $I_v$  – множество ребер, инцидентных вершине  $v$ .

Каждому маршруту  $P' \in P_{(v)}$  ставится в соответствие упорядоченное множество вершин  $S'_v = S_v \setminus \{v\}$ , причем если  $|S'_v| = 2$ , то для данного маршрута вершина  $v$  является транзитной, если же  $|S'_v| = 1$ , то  $v$  является начальной (конечной) вершиной маршрута.

Таким образом, в подмножестве маршрутов  $P_{(v)}$  каждый элемент  $P'$  задан упорядоченным набором параметров, т.е.

$$\forall P' \in P_v : P' = \langle S_E, S_v, S'_v, f \rangle.$$

Множество  $D$  возможных адресатов формируется при последовательном анализе элементов множества  $P_{(v)}$  следующим образом:

– если  $|S'_v| = 1$ , то элемент  $d \in D$  задается тройкой параметров  $\langle v, e, f \rangle$ :

$$\forall v \in S_v \exists \tilde{v} \in S'_v \exists e \in S_E \cap I_v \exists d \in D : d = \langle \tilde{v}, e, f \rangle;$$

– если  $|S'_v| = 2$ , то формируются два элемента  $d_1 = \langle \tilde{v}_1, e_1, f \rangle$  и  $d_2 = \langle \tilde{v}_2, e_2, f \rangle$ , ( $d_1, d_2 \in D$ ), причем величина  $f$  берется из соответствующего набора параметров  $\langle S_E, S_v, S'_v, f \rangle$ .

После того, как будут проанализированы все маршруты множества  $P_{(v)}$ ,

получим множество  $\mathbf{D}$ , каждый элемент которого определяет для вершины (узла КИС)  $v$  имя адресата  $\tilde{v}$ , номер ребра (канала передачи данных)  $e$ , по которому должен быть направлен поток данных и характеристика потока  $f$ .

Таким образом, таблицы маршрутизации для выбранного узла формируются в соответствии с множеством  $\mathbf{D}$ , а именно, определяются направления передачи данных и потоки по каждому адресату КИС путем последовательного рассмотрения возможных адресов, т.е. из множества  $\mathbf{D}$  выбирается подмножество  $\mathbf{D}_1(z)$ :

$$\forall v \in V \exists z \in V \setminus \{v\}: z = \tilde{v}, \exists d \in \mathbf{D}_1(z): d = \langle \tilde{v}, e, f \rangle,$$

причем если  $\exists v \in V \exists z_1, z_2 \in V \setminus \{v\}: z_1 = z_2 = \tilde{v}$ , то соответствующие элементы  $d_1 = \langle \tilde{v}, e_1, f_1 \rangle$  и  $d_2 = \langle \tilde{v}, e_2, f_2 \rangle$  объединяются в один элемент  $d \in \mathbf{D}_1(z)$  следующим образом:

$$d = \langle \tilde{v}, e_1, f_1 + f_2 \rangle.$$

В целях обеспечения простоты организации таблиц маршрутизации при реализации алгоритма принималось допущение  $|S'_v| \leq 2$ , т.е. в конечном виде множество  $\mathbf{D}_1(z)$  может состоять не более чем из двух элементов. Если же  $|\mathbf{D}_1(z)| \geq 2$ , то необходимо оставить два наиболее загруженных направления, а потоки остальных направлений передачи распределить пропорционально потокам данных выбранных направлений. Следовательно, для элементов  $d_1, d_2 \in \mathbf{D}_1(z)$  имеем:

$$d_1 = \left\langle \tilde{v}, e_1, f_1 + \frac{f_1 f_3}{f_1 + f_2} \right\rangle; \quad d_2 = \left\langle \tilde{v}, e_2, f_2 + \frac{f_2 f_3}{f_1 + f_2} \right\rangle,$$

где  $f_3$  - числовая характеристика суммарного потока оставшихся направлений передачи по адресу  $\tilde{v}$  в узле  $v$ .

Таким образом, для вершины  $v \in V$  окончательно получим таблицу маршрутизации, представленную множеством

$$\mathbf{D} = \{\mathbf{D}_1(z), \mathbf{D}_2(z), \dots, \mathbf{D}_n(z)\},$$

где для всех возможных адресатов  $\tilde{v}$  задается направление (номер канала передачи данных) и значение передаваемого потока.

**Пример.** Сформировать таблицу маршрутизации узла 5 КИС, если задан граф  $\mathbf{G}$ , определяющий топологию сети (рис. 1).

**Решение.** В табл. 1 задан перечень маршрутов передачи данных (множество  $\mathbf{P}_v$ ) в КИС, проходящих через узел 5. Множество  $\mathbf{I}_v$  инцидентных ребер для вершины 5 имеет вид

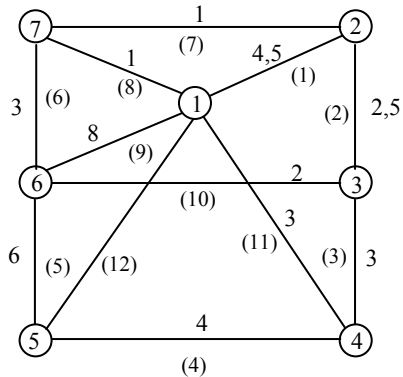


Рис. 1. Граф, определяющий топологию КИС

$$I_v = \{(4), (5), (12)\}.$$

Таблица 1

Параметры маршрутов, проходящих через узел 5

$S_E$	(4),(5),(9),(1)	(5),(9)	(12)	(4),(3)	(12),(1),(2)	(5),(10)	(5),(6)
$S_V$	2,4	5,1	5,1	5,3	5,3	5,3	5,7
$S'_V$	2,4	1	1	3	3	3	7
$f$	1,096	1,333	0,594	2,904	2,404	0,681	2,89

В соответствии с алгоритмом формируем множество  $D$ :

$$D = \{(2, (4), 1,096); \langle 4, (5), 1,096 \rangle; \langle 1, (5), 1,333 \rangle; \langle 1, (12), 0,594 \rangle; \langle 3, (4), 2,904 \rangle; \langle 3, (12), 2,404 \rangle; \langle 3, (5), 0,681 \rangle; \langle 7, (5), 2,89 \rangle\}.$$

В соответствии с множеством  $D$

Таблица 2

формируем множества  $D_i(z)$ , ( $i = \overline{1,5}$ ):

$$D_1(1) = \{(5), 1,333, 7\}; \{(12), 0,594, 3\};$$

$$D_2(2) = \{(4), 1,096, 10\};$$

$$D_3(3) = \{(4), 3,324, 6\}; \{(12), 2,705, 4\};$$

$$D_4(4) = \{(5), 1,906, 10\};$$

$$D_5(7) = \{(5), 2,89, 10\}.$$

Окончательный вариант таблицы маршрутизации для узла 5 представлен в табл. 2.

Таблица маршрутизации для узла 5

Адресат	Направление	$f$
1	(5)	7
	(12)	3
2	(4)	10
3	(4)	6
	(12)	4
4	(5)	10
7	(5)	10

В результате последовательного анализа вершин графа  $G$ , для узла 5 сформированы возможные направления и значения передаваемых потоков по ним, что позволило получить оптимальное распределение потока в КИС с точки зрения минимизации времени передачи данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Королев А.В., Кучук Г.А., Пашнев А.А. Распределение информационных потоков в вычислительных сетях // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 1998. – № 6. – С. 47 - 50.

*Поступила в редколлегию 17.09.2001*