

СИСТЕМЫ СВЯЗИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ CONNECTIONS AND TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS

УДК 621.39

Б. И. Соловьев, канд. техн. наук, доцент, сотрудник,

Д. Л. Жусов, канд. техн. наук, сотрудник, e-mail: d.zhusov@mail.ru, **С. А. Просолупов**, сотрудник,
Академия ФСО России, г. Орел

Определение мест размещения сетевых ресурсов на квазиоднородной топологической структуре инфокоммуникационной системы

Представлены формулировка и порядок решения задачи по определению мест размещения ресурсов на структуре инфокоммуникационной сети. Цель работы — разработка способа, обеспечивающего повышение устойчивости доступа пользователей инфокоммуникационной системы. В работе представлена математическая модель топологии системы. Сформулированная цель достигается представлением структуры инфокоммуникационной сети в виде случайного графа и применением схемы пошагового анализа, конструирования и отсева вариантов размещения разнородных ресурсов. Отличительной особенностью предложенного решения является решение по отсеву бесперспективных начальных частей вариантов графа до их полного построения.

Представлен порядок расчетов в соответствии с методом последовательного анализа вариантов и предложенной схемой на примере реализации требований по пропускной способности инфокоммуникационной системы.

Полученное решение задачи по определению мест размещения сетевых ресурсов на узлах и ребрах инвариантной части топологической структуры инфокоммуникационной системы позволяет организовать устойчивый доступ пользователей независимо от месторасположения по различным маршрутным схемам в любом соотношении.

Ключевые слова: структура, ресурсы, инвариантная часть, двудольный граф, центр графа, медиана графа

Введение

Цель работы — разработка методики размещения разнородных ресурсов на сетевых элементах, обеспечивающей повышение устойчивости доступа пользователей инфокоммуникационной системы.

Современный этап развития инфокоммуникационных систем связан с повышением производительности средств вычислительной техники, применением высокоскоростных волоконно-оптических систем передачи информации, совершенствованием технологий и средств информационной безопасности. Это обуславливает принципиально новые аспекты содержания, организации и использования сетевых информационных ресурсов (файловых серверов, web-серверов, серверов баз данных и т.п.), а именно:

1. Размещаемые в инфокоммуникационных системах разнородные сетевые ресурсы обладают характеристиками, изменение которых влияет на надежность доступа пользователей к ним. К таким характеристикам относятся:

- пропускная способность;
- совокупность программного обеспечения (специализированного и прикладного), установленного на сетевой ресурс;
- процессорное время;

- размер оперативной памяти;
- размер дискового пространства;
- платформа (комбинация в виде виртуальной машины или сервера, программного обеспечения, процессорного времени, оперативной памяти, дискового пространства);
- информационный фонд.

2. Децентрализация и динамическое распределение ресурсов (распределенный источник ресурсов): структурно разнесенное размещение разнородных ресурсов на множестве сетевых элементов в целях организации устойчивого доступа и их получения по различным маршрутным схемам в любом соотношении. Это определяет отсутствие строго заданной логической структуры системы и в целом наличие заданного масштаба.

3. Инвариантный доступ пользователей: возможность получения услуг заданного качества независимо от его местоположения в сети, что порождает динамичность услуг — изменение их состава на соответствующем узлом элементе системы. При большом числе пользователей (100 и более) и принятой схеме доступа распределение вероятностей поступления требований на предоставление различных услуг не может быть аппроксимировано типовым законом распределения.

Математическая модель топологии системы

Топологическая структура инфокоммуникационной системы может быть представлена в виде статистического ансамбля связанных неориентированных графов

$$G_T(A, B) = \{(G_1(A, B), p_1), (G_2(A, B), p_2), \dots, (G_q(A, B), p_q), \dots, (G_Q(A, B), p_Q)\},$$

где $A = \{a_i\}$, $i = \overline{1, N}$, — множество вершин графа, соответствующее сетевым узлам, или узловая основа сети, $B = \{b_{ij}\}$, $i, j = \overline{1, N}$, $i \neq j$, $|B| = n$, — множество ребер, представляющих собой линии, соединяющие данные узлы. Каждый элемент множества может быть представлен случайной величиной, принимающей значения

$$a_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й узел существует,} \\ & \text{т.е. принадлежит } G_q(A, B), \\ 0, & \text{если } i\text{-й узел не существует,} \\ & \text{т.е. не принадлежит } G_q(A, B), \end{cases}$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если есть непосредственная связь} \\ & \text{между } i\text{-м и } j\text{-м узлами,} \\ 0, & \text{если нет непосредственной связи} \\ & \text{между } i\text{-м и } j\text{-м узлами.} \end{cases}$$

Тем самым, каждый граф $G_q(A, B)$ имеет определенную вероятность реализации p_q или каждый элемент ансамбля имеет свой собственный статистический вес.

Исследования в области проектирования и эксплуатации больших сетей [1] показывают, что комбинаторное пространство сетевых структур на заданных множествах A и B в общем случае будет неограниченным ввиду существования различного множества графов, представляющих структуру инфокоммуникационных систем. Значительное уменьшение заданного пространства достигается выбором близких к однородным (квазиоднородных или квазирегулярных) структур [2], которые обладают определенной совокупностью таких свойств, как унивалентность, уницентральность, унимодальность и униветвистость. Кроме того, квазиоднородные структуры обладают свойством инвариантности, которое характеризует способность сети обеспечивать распределение собственного ресурса между пользователями $Z = \{z_k\}$, $z_k = (a_{pk}, a_{gk})$, $k = \overline{1, N(N-1)}$, в определенных соотношениях. В этом случае минимальное значение сетевого ресурса по узлам и ребрам приведенного покрывающего множества \overline{P}_Z^λ , $\lambda = \overline{1, \Lambda_G}$, будет численно совпадать с минимальным значением сетевого ресурса по узлам и ребрам одного из покрывающих множеств $\overline{P}_{z_k}^\omega$, $\omega = \overline{1, \Omega_G}$.

Для получения квазиоднородных структур используется подход, основанный на объединении

цикла Гамильтона и дополнительных ребер, не принадлежащих ему:

$$G_q(A, B) = G_q(A, B = \{b_{ij}\} = [\Gamma_k] \cup b_{kl} \notin \Gamma_k). \quad (1)$$

Данный подход позволяет получить структуру с требуемыми топологическими характеристиками для любого числа узлов. Тем самым формируется базовая структура системы, принадлежащая статистическому ансамблю $G_T(A, B)$.

Исследование поведения инфокоммуникационных систем во времени рассматривается как изменение структурных зависимостей элементов множеств A и B , приводящее к формированию одного из элементов статистического ансамбля $G_T(A, B)$.

Динамическое изменение структуры порождает потребность в обеспечении устойчивого информационного взаимодействия сетевых элементов или организации устойчивого доступа пользователей к различным сетевым ресурсам. Для этого необходимо определить рациональные места размещения разнородных сетевых ресурсов на топологической структуре инфокоммуникационной системы и обеспечить выполнение требований по пропускной способности сетевых элементов.

Постановка задачи

Начальным этапом решения данной задачи является определение числа и мест расположения сетевых информационных ресурсов (файловых серверов, web-серверов, серверов баз данных и т.п.) на узловой основе инфокоммуникационной системы.

Составляющей устойчивости доступа пользователей является надежность $K_{\Gamma, d}^{s, q}$, $d = \overline{1, D}$, функционирования информационного ресурса каждого типа $q = \overline{1, Q}$. Если известно значение данной величины и если отказы нескольких информационных ресурсов одного типа независимы, система из d ресурсов одного типа представляет собой составной элемент из d параллельно включенных элементов. Надежность такого составного элемента $H^{s, q}$ можно представить в виде:

$$H^{s, q} = 1 - \prod_{d=1}^D (1 - K_{\Gamma, d}^{s, q}). \quad (2)$$

Полагая, что надежности информационных ресурсов $K_{\Gamma, d}^{s, q}$ одного типа равны между собой, их число D можно получить согласно следующему соотношению:

$$D \geq \frac{(1 - H_{\text{тр}}^{s, q})}{(1 - K_{\Gamma, d}^{s, q})}, \quad (3)$$

где $H_{\text{тр}}^{s, q}$ — требуемое значение надежности функционирования системы информационных ресурсов.

Для определения мест размещения информационных ресурсов необходимо выбрать узлы системы с таким расчетом, чтобы расстояние от этого узла до самого удаленного узла и суммарная протяжен-

ность от исходного узла до остальных узлов были минимальными. В первом случае узел системы, на котором размещается информационный ресурс, будет являться центром, а во втором — медианой графа. Таким образом, возникает задача нахождения на $G_q(A, B)$ вершины графа, которая является одновременно и центром, и медианой. Для определения центра решается минимаксная задача:

$$a = \arg \min_{a \in A} \max_{i, j = \overline{1, N}, i \neq j} \rho_{ij}(a_i, a_j), \quad (4)$$

где $\rho(a_i, a_j)$ — число ребер в пути между узлами a_i и a_j .

Для нахождения медианы решается минисуммарная задача:

$$a = \arg \min_{a \in A} \sum_i \rho(a_i, a_j). \quad (5)$$

Эффективные алгоритмы решения задач (4) и (5) представлены в работах [3, 4]. Ввиду того что топологическая квазиоднородная структура $G_q(A, B)$ обладает свойством уницентральности, то существует возможность одновременной реализации требований по размещению информационных ресурсов решением задач (4) и (5).

Реализация требований по пропускной способности информационной системы $V_\Sigma = \sum_{k=1}^m V_{z_k}$ осуществляется в инвариантной части системы, что позволяет выполнить указанные требования независимо от расположения пользователей. Для этого на топологической структуре инфокоммуникационной системы определяется основная система сечений $S = \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n, \dots, \sigma_N\}$, где σ_i — сечение сети относительно выбранного остова дерева на $G_q(A, B)$. В каждом сечении реализуется поток

$$V_\Sigma = \sum_{k=1}^m V_{z_k} \text{ распределением вида:}$$

$$X(V_\Sigma) = \{x_{\sigma_1}(V_\Sigma), x_{\sigma_2}(V_\Sigma), \dots, x_{\sigma_n}(V_\Sigma), \dots, x_{\sigma_{N-1}}(V_\Sigma)\}. \quad (6)$$

При этом значение пропускной способности каждого сечения $C\{\sigma_n\}$ должно соответствовать системе

$$\begin{cases} C\{\sigma_n\} \geq \sum_{\substack{a_p \in A_s \\ a_q \in A_t}} x_{p,q}; \\ \sum_{\substack{a_p \in A_s \\ a_q \in A_t}} x_{p,q} = V_\Sigma; \\ p, q = \overline{1, N}, n = \overline{1, N-1}, \end{cases} \quad (7)$$

где $x_{p,q}$ — значения потоков между узлами, разделенных сечением σ_n на два подмножества A_s и A_t .

При этом мощность сечения h_{σ_n} (число входящих линий) должна быть:

$$h_{\sigma_n} > H_{CB}, \quad (8)$$

где H_{CB} — значение связности системы, задаваемое исходя из обеспечения требуемой структурной надежности.

Решение задачи по реализации потока $V_\Sigma = \sum_{k=1}^m V_{z_k}$ заключается в нахождении множества

$$\{B_{\sigma_1}, B_{\sigma_2}, \dots, B_{\sigma_n}, \dots, B_{\sigma_N}\}, B_{\sigma_n} = \{b_j\}, b_j \in B, j = \overline{1, n},$$

двудольных графов $G(A_{s_n}, B_{\sigma_n}, A_{t_n})$, образованных множеством сечений $S = \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n, \dots, \sigma_N\}$, удовлетворяющего ограничениям (7)–(8) при минимальном значении целевой функции:

$$W = \sum_{b_j \in B_{\sigma_n}} u_j l_j, \quad (9)$$

где u_j — пропускная способность ребра, l_j — протяженность ребра $G(A_{s_n}, B_{\sigma_n}, A_{t_n})$.

Решение данной задачи выполняется поэтапно. Каждому этапу ставится в соответствие синтез двудольного графа $G(A_{s_n}, B_{\sigma_n}, A_{t_n})$, $n = \overline{1, N-1}$, в котором определяются дополнительные дуги $b_{pq} \in B_{\sigma_n}$, обеспечивающие реализацию недостающей пропускной способности:

$$\Delta C(\sigma_n) = V_\Sigma - C(\sigma_{n-1}). \quad (10)$$

Каждый этап решения оценивается величиной суммарных затрат, определяемых функцией (9) и рекуррентным соотношением

$$W_n(C(\sigma_n)) = \min_{x(\Delta C_{\sigma_n})} \{W_{n-1}(C(\sigma_{n-1})) + W_n(V_\Sigma - C(\sigma_{n-1}))\}, \quad (11)$$

где $W_n(C(\sigma_n))$ — затраты на n -м этапе; $W_{n-1}(C(\sigma_{n-1}))$ — затраты на $(n-1)$ -м этапе; $W_n(V_\Sigma - C(\sigma_{n-1}))$ — затраты перехода от одного этапа к другому.

Таким образом, представленная схема пошагового анализа, конструирования и отсева вариантов заключается в таких способах развития вариантов и построения операторов их анализа, которые позволяют отсеивать невыгодные (бесперспективные) начальные части вариантов до их полного построения — по мере того, как эту бесперспективность удастся обнаружить. Поскольку при отсеивании бесперспективных начальных частей вариантов отсеивается и множество их продолжений, то происходит значительная экономия в вычислительной процедуре. Таким образом, использование предложенного метода позволит эффективно решать задачу реализации требований по пропускной способности инфокоммуникационной системы.

Решение задачи

Сформулированная задача имеет достаточно большое число вариантов решения, в связи с чем поиск наиболее рационального решения методом

прямого перебора оказывается практически неосуществимым. Учитывая характер и особенности данной задачи, для ее решения можно применить метод динамического программирования [4]. Однако с увеличением масштабов проектируемой сети существенно возрастает размерность поставленной задачи, что ограничивает использование данного метода для ее решения.

В этом случае наиболее приемлемым способом решения задачи по построению двудольных графов является метод последовательного анализа вариантов [1]. В основе этого метода лежит идея представления процесса решения в виде многоступенчатой структуры. Каждая ступень связана с проверкой наличия тех или иных свойств у подмножества вариантов, что ведет либо к непосредственному сокращению исходного множества вариантов, либо подготавливает возможность такого сокращения в будущем. На основе теоретического и практического анализов определяются отличительные свойства каждого варианта и признаки, по которым проводится сравнение полученного множества вариантов. После этого выбор численной схемы решения состоит в выборе рационального порядка проверки признаков, позволяющего провести отсев неконкурентоспособных вариантов и найти оптимальный.

Множество V возможных вариантов решения $v = \{B_{\sigma_n}\}$, $n = \overline{1, N-1}$, задается числом двудольных графов $G(A_{s_n}, B_{\sigma_n}, A_{t_n})$ и последовательностью их построения. Для пошагового конструирования решения указывается правило и выбора частичных решений $v = \{B_{\sigma_1}, B_{\sigma_2}, \dots, B_{\sigma_s}\}$, $s \leq N-1$, подлежащих развитию на каждом шаге, и строится набор тестов ε , осуществляющих отсев частичных решений, которые не могут быть достроены до оптимальных. Каждое частичное решение v_s , $s = \overline{1, N-2}$, образует родовое множество $R(v_s) \in V$, состоящее из элементов, у которых v_s является начальным отрезком. Соответственно, совокупность всех конечных отрезков элементов родового множества $R(v_s)$ образует множество продолжений $D(v_s)$. Размерность частичного решения, подлежащего анализу, соответствует номеру этапа построения двудольного графа. Отсев бесперспективных вариантов решения задачи основан на использовании принципа монотонной рекурсивности: если для двух частичных решений v_s^1 и v_s^2 выполняются соотношения

$$W(v_s^1) < W(v_s^2), D(v_s^1) \supseteq D(v_s^2), \quad (12)$$

то родовое множество $R(v_s^2)$ не содержит оптимальных решений задачи минимизации монотонно рекурсивной функции W , определяемой соотношением (11) на множестве возможных вариантов решения V .

Пример решения задачи

Рассмотрим пример реализации требований по пропускной способности в инвариантной части на топологической структуре инфокоммуникационной системы, представленной на рис. 1.

Исходными данными задачи является матрица расстояний:

$$L = \|l_{ij}\| = \begin{vmatrix} \infty & 5 & 0 & 0 & 6 \\ 5 & \infty & 7 & 0 & 7 \\ 0 & 7 & \infty & 5 & 6 \\ 0 & 0 & 5 & \infty & 4 \\ 6 & 7 & 6 & 4 & \infty \end{vmatrix}. \quad (13)$$

Необходимо определить распределение требований по пропускной способности $V_{\Sigma} = 6$ при дискретном значении возможного ресурса $U = (2, 4)$ и реализации требований по устойчивости доступа $h_{\sigma_n} = 2$.

Первоначальным этапом решения задачи является определение минимального остовного дерева на топологической структуре инфокоммуникационной системы. Для его нахождения могут быть использованы алгоритмы Прима или Краскала, представленные в работах [3, 4]. Результатом является остовное дерево минимальной длины, представленное на рис. 2.

Полученное остовное дерево позволяет найти основную систему сечений посредством построения двудольных графов из множества вершин

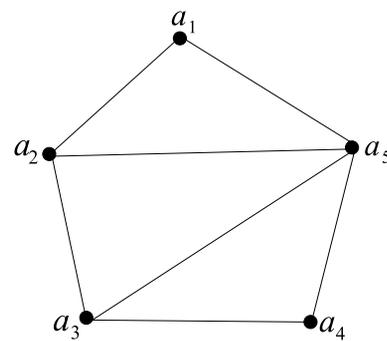


Рис. 1. Топологическая структура инфокоммуникационной системы

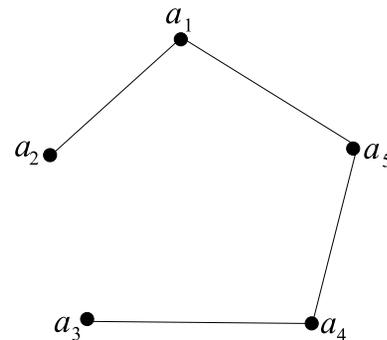


Рис. 2. Остовное дерево минимальной длины

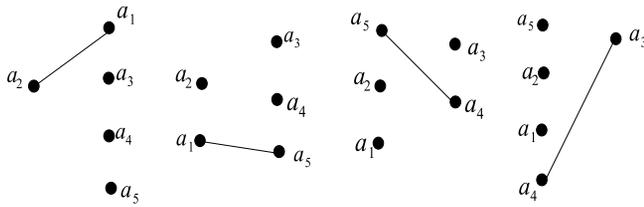


Рис. 3. Совокупность двудольных графов

двух подмножеств A_{s_i} и A_{t_i} (рис. 3). Множества A_{s_i} и A_{t_i} представлены следующим набором вершин (см. таблицу):

Множества вершин для формирования двудольных графов

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| $A_{s_1} = \{a_2\}$ | $A_{t_1} = \{a_1, a_3, a_4, a_5\}$ |
| $A_{s_2} = \{a_1, a_2\}$ | $A_{t_2} = \{a_3, a_4, a_5\}$ |
| $A_{s_3} = \{a_1, a_2, a_5\}$ | $A_{t_3} = \{a_3, a_4\}$ |
| $A_{s_4} = \{a_1, a_2, a_4, a_5\}$ | $A_{t_4} = \{a_3\}$ |

Далее поэтапно для каждого двудольного графа определяется множество ребер исходного графа, на которых осуществляется реализация требований по пропускной способности $V_{\Sigma} = 6$.

На первом этапе для двудольного графа при $A_{s_1} = \{a_2\}$ и $A_{t_1} = \{a_1, a_3, a_4, a_5\}$ имеют место следующие допустимые варианты решения с соответствующими значениями целевых функций (9):

- $U_{12} = 4; U_{23} = 2; W_1^1 = 4 \cdot 5 + 2 \cdot 7 = 34.$
- $U_{12} = 4; U_{25} = 2; W_1^2 = 4 \cdot 5 + 2 \cdot 7 = 34.$
- $U_{12} = 2; U_{23} = 4; W_1^3 = 2 \cdot 5 + 4 \cdot 7 = 38.$
- $U_{12} = 2; U_{25} = 4; W_1^4 = 2 \cdot 5 + 4 \cdot 7 = 38.$
- $U_{12} = 2; U_{23} = 2; U_{25} = 2;$
 $W_1^5 = 2 \cdot 5 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 7 = 38.$

На втором этапе для двудольного графа при $A_{s_2} = \{a_1, a_2\}$ и $A_{t_2} = \{a_3, a_4, a_5\}$ имеют место следующие допустимые варианты решения с соответствующими значениями целевых функций:

- $U_{15} = 4; W_2^1 = 4 \cdot 6 = 24.$
- $U_{15} = 2; W_2^2 = 2 \cdot 6 = 12.$
- $U_{15} = 2; U_{23} = 2; W_2^3 = 2 \cdot 6 + 2 \cdot 7 = 26.$

В соответствии с рекуррентным соотношением (11) суммарные затраты на втором этапе будут

$$W_2^{(1)} = \min\{(34 + 26)\} = 60.$$

$$W_2^{(2)} = \min\{(34 + 26), (38 + 12)\} = 50.$$

На третьем этапе для двудольного графа при $A_{s_3} = \{a_1, a_2, a_5\}$ и $A_{t_3} = \{a_3, a_4\}$ имеют место следующие допустимые варианты решения с соответствующими значениями целевых функций:

- $U_{54} = 4; U_{53} = 2; W_3^1 = 4 \cdot 4 + 2 \cdot 6 = 28.$
- $U_{54} = 4; W_3^2 = 4 \cdot 4 = 16.$
- $U_{54} = 2; U_{53} = 2; W_3^3 = 2 \cdot 4 + 2 \cdot 6 = 20.$
- $U_{54} = 2; U_{53} = 4; W_3^4 = 2 \cdot 4 + 4 \cdot 6 = 32.$
- $U_{54} = 2; U_{53} = 2; U_{23} = 2;$
 $W_3^5 = 2 \cdot 4 + 2 \cdot 6 + 2 \cdot 7 = 34.$

В соответствии с рекуррентным соотношением (11) суммарные затраты на третьем этапе будут

$$W_3^{(1)} = \min\{(50 + 28), (60 + 20)\} = 78.$$

$$W_3^{(2)} = \min\{(50 + 32)\} = 82.$$

$$W_3^{(3)} = \min\{(60 + 16)\} = 76.$$

На четвертом этапе для двудольного графа при $A_{s_4} = \{a_1, a_2, a_4, a_5\}$ и $A_{t_4} = \{a_3\}$ имеют место следующие допустимые варианты решения с соответствующими значениями целевых функций:

- $U_{34} = 4; U_{35} = 2; W_4^1 = 4 \cdot 5 + 2 \cdot 6 = 32.$
- $U_{34} = 4; W_4^2 = 4 \cdot 5 = 20.$
- $U_{34} = 2; W_4^3 = 2 \cdot 5 = 10.$

Суммарные затраты на четвертом этапе будут определяться

$$W_4^{(1)} = \min\{(76 + 32), (78 + 20), (82 + 10)\} = 92.$$

В результате получаем решение задачи $U_{12} = 2, U_{15} = 2, U_{25} = 2, U_{23} = 2, U_{35} = 4, U_{34} = 2, U_{45} = 2$ по определению пропускных способностей ребер на топологической структуре инфокоммуникационной системы (рис. 4).

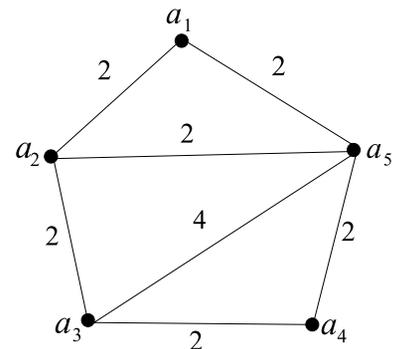


Рис. 4. Реализация требований по пропускной способности в инвариантной части на топологической структуре инфокоммуникационной системы

Экспериментальное исследование эффективности методов упорядоченного перебора свидетельствует об эффективности метода последовательного анализа вариантов для решения поставленной задачи [1]. Так, в результате проведенного эксперимента по решению задачи методом последовательного анализа вариантов при 100 элементах сети и, соответственно, возможных 10^{14} вариантах размещения сетевых ресурсов размерность решений сокращена до 6 вариантов за время, не превышающее 10 мин, а с учетом вычислительных возможностей современных средств вычислительной техники время решения задачи может быть дополнительно сокращено.

Заключение

Полученное решение задачи по определению мест размещения сетевых ресурсов на узлах и ребрах инвариантной части топологической структуры инфо-

коммуникационной системы позволяет определить рациональные места размещения разнородных сетевых ресурсов и обеспечить выполнение требований по пропускной способности сетевых элементов. Это обеспечивает устойчивый доступ пользователей независимо от месторасположения по различным маршрутным схемам, что определяет достижение цели работы.

Список литературы

1. **Михалевич В. С., Волкович В. Л.** Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1982. 283 с.
2. **Артамонов Г. Т., Тюрин В. Д.** Топология сетей ЭВМ и многопроцессорных систем. М.: Радио и связь, 1991. 248 с.
3. **Christofides N.** Graph theory an algorithmic approach. Academic Press Inc. (London) LTD., 1975. 400 p.
4. **Ore O.** Theory of graphs. American Mathematical Society Providence, RHODE ISLAND, 1962. 270 p.
5. **Bellman R. E.** Dynamic Programming. Princeton University Press, 2010. 340 p.

B. I. Soloviev, employee, **D. L. Zhusov**, employee, e-mail: d.zhusov@mail.ru, **S. A. Prosolupov**, employee
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation

Determining the Placement of Network Resources on a Quasi-Homogeneous Topological Structure of Information and Communication Systems

The paper presents the formulation and procedure for determining the locations of resources on the network information and communication structure. The aim of this work was the development of the method provides enhancing the stability of user access information and communication systems. The paper presents a mathematical model of the system topology. The formulated goal is achieved by representation of the structure of the info-communication network as a random graph and using step scheme of analysis, design, and elimination properties of heterogeneous resources. A distinctive feature of the proposed solution is solving the drop-out unpromising initial parts of options before their full count of the build.

The procedure of calculations in accordance with the method of successive analysis of variants and the proposed scheme on the example of implementation of the requirements on the bandwidth information and communication systems.

The solution of a problem of determination of locations of network resources on the nodes and edges of the invariant part of the topological structure of the information communication system allows you to organize sustainable user access regardless of location on different routing schemes in any proportion.

Keywords: structure, resources, invariant part, two-submultiple count, center of the count, median of the count

References

1. **Mihalevich V. S., Volkovich V. L.** *Vychislitel'nye metody issledovaniya i proektirovaniya slozhnyh sistem*, Moscow: Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1982, 283 p.
2. **Artamonov G. T., Tjurin V. D.** *Topologija setej JeVM i mnogo-processornyh sistem*, Moscow: Radio i svjaz', 1991, 248 p.

3. **Christofides N.** *Graph theory an algorithmic approach*, Academic Press Inc. (London) LTD., 1975, 400 p.
4. **Ore O.** *Theory of graphs*, American Mathematical Society Providence, RHODE ISLAND, 1962, 270 p.
5. **Bellman R. E.** *Dynamic Programming*, Princeton University Press, 2010. 340 p.