

УДК 621.382

UDC 621.382

**ПРИМЕНЕНИЕ
ОПТИМИЗАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ В РЕШЕНИИ
ЗАДАЧ, ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАБОТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ**

**APPLICATION OF OPTIMIZATION
MODELING AT DECISION OF
TASKS, EVALUATION OF THE
EFFECTIVENESS OF A COMPUTER
NETWORK**

Петриченко Григорий Семенович
к.т.н., профессор

Petrychenko Grigoriy Semenovich
Cand.Tech.Sci., professor

Нарыжная Наталья Юрьевна
к.т.н.
*Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар,
Россия*

Naryzhnaya Nataliya Yurievna
Cand.Tech.Sci.
*Kuban State University of Technology,
Krasnodar, Russia*

В статье предлагаются решение задачи оптимального проектирования компьютерной сети на основе применения принципов самоорганизации

In the article, we have offered the solution of the problem of optimum design of a computer network on the basis of application of the principles of self-organization

Ключевые слова: КОМПЬЮТЕРНАЯ СЕТЬ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, ГОТОВНОСТЬ, ОЦЕНКА

Keywords: COMPUTER NETWORK, PERFORMANCE, OPTIMIZATION, EFFICIENCY, RELIABILITY, AVAILABILITY, ASSESSMENT

Без компьютерных сетей в настоящее время нельзя представить повседневную деятельность предприятий, организаций и учреждений. Поэтому, возникают повышенные требования к обеспечению эффективности работы сети.

Оценивая эффективность работы сети, чаще всего выбирают такие критерии, как производительность и надежность, для которых в свою очередь необходимо выбрать конкретные показатели оценок, к примеру, время реакции на запрос, коэффициент готовности [1], пропускную способность канала связи, задержку передачи и т.д.

Как правило, под оптимизацией сети понимают некоторый промежуточный вариант, при котором требуется выбрать такие значения параметров сети, чтобы показатели ее эффективности существенно улучшились.

Производительность сети можно измерить с помощью временных показателей, оценивающих задержку, вносимую сетью при выполнении обмена данными по каналу связи между рабочими станциями [3].

Основной характеристикой компьютерной сети является ее надежность – способность правильно функционировать в течение ее жизненного цикла. Это свойство имеет три составляющих: собственно надежность, техническую готовность и способ эксплуатации.

Повышение надежности заключается в предотвращении неисправностей, отказов и сбоев за счет применения новейших технологий при изготовлении электронных блоков компьютерной сети.

Надежность сетей как распределенных систем во многом определяется надежностью кабельных систем, коммутационной аппаратуры и аппаратуры передачи данных.

При эксплуатации компьютерной сети по фактическому состоянию [2], потерю производительности сети можно предсказать, располагая определенной накопленной статистикой, и на этой основе обеспечить достаточно

эффективное управление техническим состоянием компьютерной сети предприятия.

Один из подходов наиболее эффективного управления компьютерной сетью – использование принципов индивидуального прогнозирования технического состояния основных блоков компьютерной сети, на этой основе предполагается осуществлять заранее замену блока с предотказным техническим состоянием [3].

Другим подходом повышения надежности компьютерной сети является резервирование ресурсов и создание виртуальных каналов. Резервированию подлежат: каналы передачи данных, буферная память устройств, коммутационные устройства, вычислительные ресурсы процессора. Выбор оптимального маршрута для виртуального канала является достаточно сложной задачей. Проблема выбора оптимального маршрута заключается в том, что отправитель трафика не может рассчитать требуемое процессорное время и буферную память на узлах маршрута, потому что в процессе выбора маршрута вовлечено множество независимых узлов. Данную задачу, возможно, решить анализом трафика на коммутационных узлах за счет понижения пропускной способности канала передачи данных, а также созданием самовосстанавливающихся систем, где

операции контроля и восстановления представляют собой неразрывное целое.

Самовосстанавливающие системы – это системы с неограниченным резервированием. Переход к системам с неограниченным резервированием позволяет существенно повысить надежность элементов компьютерной сети и самой сети в целом, однако при этом система усложняется по архитектуре, объемам обрабатываемой информации и стоимости, включая дополнительное оборудование и программное обеспечение. В связи с этим возникает задача оптимального проектирования сети [4].

В качестве параметров, характеризующих структуру и быстродействие компьютерной сети, объем циркулирующей информации и стоимость сети и ее обслуживания в целом, можно рассмотреть буферную память на узлах маршрута (m), среднюю по сети пропускную способность (v) и общую стоимость компьютерной сети предприятия (s) в зависимости от количества входящих в нее узлов. Таким образом, для решения задачи необходимо спроектировать самовосстанавливающуюся самонастраивающуюся систему контроля технического состояния компьютерной сети, состоящей из n элементов (узлов), так, чтобы надежность всей системы была наибольшей, а контролируемые

параметры m , v , s были ограничены некоторыми величинами M , V , S [4].

Пусть каждый элемент системы имеет свои надежность p_i , объем используемой буферной памяти на узлах маршрута m_i , обеспечивает скорость передачи данных, равную v_i , и стоимость s_i . Тогда надежность всей системы будет равна $P = \prod_{i=1}^n p_i$, а ненадежность $Q = 1 - P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i)$.

Так как величина $q_i \ll 1$, то в произведении можно пренебречь q_i^k , где $k \geq 2$, и перейти к приближенному равенству $Q \approx \sum_{i=1}^n q_i$.

Цель задачи – найти такие рациональные пути резервирования различных элементов сети, при которых будет выполнено условие $Q > Q_{\text{доп}}$.

Не ограничивая общности, предположим, что каждый элемент дублируется l раз, образуя узел. Тогда по формуле для ненагруженного резерва $Q_{\text{нр}}(t) = Q_1(t)Q_2(t)\dots Q_n(t)$ найдем $q_{i\text{р}} = q_i^{l_i+1}$. Одновременно с этим параметры m , v и s увеличиваются:

$$m_{i\text{р}} = m_i(l_i + 1), v_{i\text{р}} = v_i(l_i + 1), s_{i\text{р}} = s_i(l_i + 1). \quad (1)$$

Выразим показатель резервирования $l_i + 1$ через показатели надежности q_i и $q_{i\text{р}}$ исходных и резервируемых элементов:

$$l_i + 1 = \frac{\ln(1/q_{ir})}{\ln(1/q_i)} = \frac{x_{ir}}{x_i}, \quad (2)$$

где $e^{-x_{ir}} = q_{ir}$.

Подставим выражение (2) в формулы (1), получим:

$$m_{ir} = m_i \frac{x_{ir}}{x_i}, \quad v_{ir} = v_i \frac{x_{ir}}{x_i}, \quad s_{ir} = s_i \frac{x_{ir}}{x_i},$$

а ограничения по объему буферной памяти на узлах маршрута, пропускной способности и стоимости можно записать в виде следующих неравенств:

$$m = \sum_{i=1}^n a_i x_{ir} \leq M, v = \sum_{i=1}^n b_i x_{ir} \leq V, s = \sum_{i=1}^n c_i x_{ir} \leq S, \quad (3)$$

где $a_i = \frac{m_i}{x_i}$, $b_i = \frac{v_i}{x_i}$, $c_i = \frac{s_i}{x_i}$.

Пусть β_i – коэффициент веса каждого узла при отказе системы в целом. Тогда уровень ненадежности запишется в виде:

$$Q = \sum_{i=1}^n \beta_i q_{ir} = \sum_{i=1}^n \beta_i e^{-x_{ir}}, \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 1.$$

Таким образом, задача сводится к нахождению значений x_{ir} , удовлетворяющих условиям (3), при которых величина Q будет минимальной. Рассмотрим новую функцию

$$Q^* = \sum_{i=1}^n \beta_i - \sum_{i=1}^n \beta_i x_{ir}. \quad (4)$$

Следуя последним рассуждениям, можно сделать вывод, что Q будет минимальным при тех неотрицательных результатах решения системы (4), при которых будет

$$\sum_{i=1}^n c_i x_{ir} + \mu_3 \leq S,$$

где μ_i – дополнительные неизвестные, удовлетворяющие условию $\mu_i \geq 0$.

Решения системы (6) удовлетворяют и неравенству (3).

Все неотрицательные решения поставленной задачи линейного программирования $x_i \geq 0$ образуют выпуклое множество G , т.е. любая линейная комбинация решений $x = \sum_{i=1}^{\gamma} \alpha_i x_i$, ($\alpha_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^{\gamma} \alpha_i = 1$, $i = 1, 2, \dots, \gamma$) является также решением.

Линейная функция F достигает своего максимума (минимума) только в крайних точках множества G , т.е. в таких точках, координаты которых являются положительными составляющими вектора $B(b_1, b_2, \dots, b_g)$, разложенного по векторам e_1, e_2, \dots, e_g , принятых в качестве базиса:

$$B_0 = x_1 e_1 + x_2 e_2 + \dots + x_g e_g.$$

Каждой крайней точке множества G соответствует свой базис e_i , а число базисов не может быть больше C_n^g .

Эффективным алгоритмом решения данной задачи (перебора всех крайних точек и отыскания экстремума) является симплексный метод.

Итак, имеется система n уравнений с n неизвестными (5).

Запишем эту систему в виде:

$$AX = B,$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{g1} & a_{g2} & \dots & a_{gn} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_g \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Обозначим через $A_1(a_{11}, a_{21}, \dots, a_{g1})$, $A_2(a_{12}, a_{22}, \dots, a_{g2})$, \dots , $A_n(a_{1n}, a_{2n}, \dots, a_{gn})$ и $B_0(b_1, b_2, \dots, b_g)$ – векторы-столбцы соответствующих матриц, тогда система (7) запишется в виде:

$$B_0 = x_1 A_1 + x_2 A_2 + \dots + x_g A_g + \dots + x_n A_n.$$

Требуется выполнение условия $b_i > 0$ для всех компонент вектора B_0 , иначе нужно изменить знак у соответствующего уравнения. Необходимо найти все возможные базисные неотрицательные решения.

Базисное решение задается компонентами вектора в пространстве линейно независимых векторов, число которых определяется рангом исходной матрицы (т.е. максимальное число линейно независимых столбцов матрицы исходного уравнения). Матрица имеет ранг g , если хотя бы один определитель квадратной матрицы g -го порядка не равен нулю, а все определители матриц $(g+1)$ -го порядка равны нулю. Таким образом, взяв из матрицы A неособую квадратную матрицу наивысшего порядка (в

рассматриваемом случае порядка g) и перенумеровав ее столбцы, получим искомый базис e_1, e_2, \dots, e_g .

Решая систему, разложим вектор B_0 в базисе e_1, e_2, \dots, e_g , затем отыщем положительные коэффициенты этого разложения. Полученные коэффициенты будут искомым решением, то есть координатами первой крайней точки множества G , а общее количество базисных решений равно C_n^g .

Максимум линейной формы F будет обеспечивать набор из g векторов, выбранных из совокупности n векторов $A_1, A_2, \dots, A_g, A_{g+1}, \dots, A_n$. Так как F представляет собой гиперплоскость, «привязанную» к тому же началу, что и совокупность векторов A_1, A_2, \dots, A_n , то подстановка координат крайних точек в уравнение для F покажет, что эта плоскость проходит именно через эти точки. Отсюда можно определить все возможные расстояния крайних точек от плоскости $F = 0$. Наибольшее расстояние даст максимальное значение, а наименьшее – минимальное.

Рассмотренный подход к непосредственному отысканию решения целесообразно применять в рамках корпоративной сети предприятия (распределенной в рамках сравнительно небольшой площади), то есть при малых значениях n и m . При больших значениях n и m следует найти оптимальный алгоритм перебора крайних точек, каждый шаг которого либо

увеличивает функцию F (при отыскании максимума), либо уменьшает ее (при отыскании минимума).

В целом организация автоматического контроля с последующим устранением неисправностей путем неограниченного резервирования представляет собой экстремальную задачу конструктивного плана.

Библиографический список

1. Петриченко Г.С. Оценка качества корпоративных сетей при различных способах эксплуатации / Г.С. Петриченко, Н.Ю. Нарыжная, Л.М. Крицкая // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. - №19(03). – Шифр Информрегистра: 0420600012\0039. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/03/17/>
2. Петриченко Г.С. Выбор метода прогнозирования сложных систем АСУ в зависимости от ее модели // Г.С. Петриченко, Н.Ю. Нарыжная, Л.М. Крицкая // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. - №14(06). – Шифр Информрегистра: 0140506014. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/06/14/>
3. Петриченко Г.С., Нарыжная Н.Ю., Дудник Л.Н. Диагностика и прогнозирование технического состояния компьютерной сети. Краснодар: Издательский Дом – ЮГ, 2010. – 188 с.
4. Петриченко Г.С., Нарыжная Н.Ю. Оптимизационное моделирование в повышении надежности компьютерной сети предприятия (статья) // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIII Международной научно-методической конференции, Воронеж, 7-8 февраля 2013 г. Т.3. / Воронежский государственный университет; Торгово-промышленная палата Воронежской обл.; НОЦ «Волновые процессы в неоднородных средах». – Воронеж: Издат.-полиграф. центр ВГУ, 2013. – С. 39-43.

References

1. Petrichenko G.S. Ocenka kachestva korporativnyh setej pri razlichnyh sposobah jekspluatacii / G.S. Petrichenko, N.Ju. Naryzhnaja, L.M.

<http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/17.pdf>

Krickaja // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2006. - №19(03). – Shifr Informregistra: 0420600012\0039. Rezhim dostupa:

<http://ej.kubagro.ru/2006/03/17/>

2. Petrichenko G.S. Vybora metoda prognozirovanija slozhnyh sistem ASU v zavisimosti ot ee modeli // G.S. Petrichenko, N.Ju. Naryzhnaja, L.M. Krickaja // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2005. - №14(06). – Shifr Informregistra: 0140506014. Rezhim dostupa:

<http://ej.kubagro.ru/2005/06/14/>

3. Petrichenko G.S., Naryzhnaja N.Ju., Dudnik L.N. Diagnostika i prognozirovanie tehničeskogo sostojanija komp'juternoj seti. Krasnodar: Izdatel'skij Dom – JuG, 2010. – 188 s.

4. Petrichenko G.S., Naryzhnaja N.Ju. Optimizacionnoe modelirovanie v povyšennii nadezhnosti komp'juternoj seti predprijatija (stat'ja) // Informatika: problemy, metodologija, tehnologii: materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-metodičeskoj konferencii, Voronezh, 7-8 fevralja 2013 g. T.3. / Voronezhskij gosudarstvennyj universitet; Torgovo-promyšlennaja palata Voronezhskoj obl.; NOC «Volnovye processy v neodnorodnyh sredah». – Voronezh: Izdat.-poligraf. centr VGU, 2013. – S. 39-43.