

Предлагаемый подход может стать основой для дальнейшего развития научно-методического аппарата создания сетей инструментального экологического мониторинга.

### Литература

1. Военная экология. Под ред. А.И. Юнака и А.В. Тертышников. М.: МО РФ, 2005. – 220 с.
2. Бурков В.Д., Крапивин В.Ф. Экоинформатика: алгоритмы, методы и технологии. М.: МГУЛ, 2009. – 432 с.
3. Александриди Т.М., Морозов И.А. Выбор типа беспроводной сети при построении системы экологического мониторинга // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. № 12, 2006. – С. 24-28.
4. Бурков В.Д., Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Повышение экономической эффективности информационно-измерительных систем природного мониторинга // Экономика природопользования. № 6, 2007. – С. 11-16.
5. Буймистряк Г.Я., Гулиянц Р.Ц., Мелехов Ю.С. Интегрированная система безопасной эксплуатации морских магистральных газопроводов на арктическом шельфе // Оборонный заказ. №17, 2007. – С. 64-69.
6. Ильин Г.И., Царева М.А. Особенности поведения фазы сигнала биений в дифференциальных лидарных системах // Оптика атмосферы и океана. Тезисы докладов VII МС. Томск: ИОА СО РАН, 2000. – С. 112.
7. Богданов Н.Г., Плотников С.Н., Щекотихин С.Н. Контроль толщины немагнитных покрытий на ферромагнитной основе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. № 12, 2007. – С. 30-33.
8. Aybatov D.L., Morozov O.G. Two-frequency scanning of FBG with arbitrary reflection spectrum // Proc. SPIE. V. 6605, 2007. – P. 660506-1 – 660506-9.
9. WO 020838. Thermal drift compensation system and method for optical network / Weaver T. 2008. – 40 p.
10. SU 1338647. Способ преобразования одночастотного когерентного излучения в двухчастотное // Ильин Г.И., Морозов О.Г. 2004.
11. Айбатов Д.Л., Морозов О.Г., Просвирина В.П., Смирнов А.С., Алюшина С.Г. Источник двухчастотного лазерного излучения для спектрометрии ВРБ // Волоконные лазеры: Материалы Российского НС. Уфа, УГАТУ, 2009. – С.54.
12. Волоконно-оптические датчики. Под ред. Э. Удда. М.: Техносфера, 2008. – 345 с.
13. K. Srimannarayana et al. Fiber Bragg grating and long period grating sensor for simultaneous measurement and discrimination of strain and temperature effects // Optica Applicata, Vol. XXXVIII, № 3, 2008. – P. 601-609.
14. Васильев С.А., Медведков О.И., Королев И.Г., Дианов Е.М. Фотоиндуцированные волоконные решетки показателя преломления и их применения // Фотон-Экспресс. № 6, 2004. – С. 163-183.
15. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
16. WO 0212917. Fiber Optic Temperature and Pressure Sensor and System Incorporating Same // Chen Yu. 2008. – 21 p.
17. Karalekas D. On the use of FBG sensors for measurement of curing strains in photocurable resins // Rapid Prototyping Journal. Vol. 14, № 2, 2008. – P. 81-86.
18. Andreev V.A., Burdin V.A., Troshin A.V. Analysis of spectral characteristics of Rayleigh scattering parameters for different types of single-mode fibers // Proc. of SPIE, V. 6277, 2005. – P. 72-81.
19. US 5380995. Fiber optic grating sensor systems for sensing environmental effects // Udd E., Clark T.E. 1995. – 34 p.
20. RU 2005133274. Опволоконная мультисенсорная система датчик температуры (деформации) // Бабин С.А. 2005.

УДК 681.3

## ОБЩИЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РАБОТОЙ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

*Леохин Ю.Л.*

Предлагается подход к управлению корпоративной сетью, учитывающий ориентацию на решение прикладных задач. Определены пространство состояний и параметры управления сетью. Выделены два уровня управления и приведены постановки задач управления для каждого уровня.

### Введение

Корпоративная сеть является сложным многомерным объектом, основным назначением которого является обеспечение заданного качества решения прикладных задач. Обеспечение выпол-

нения комплексных требований к качеству решения прикладных задач является одним из основных принципов и главной целью управления корпоративной сетью, что должно учитываться администраторами сети при принятии решений и оценке качества управления. В статье предлагается подход к решению задачи управления корпоративной сетью, основанный на применении классической теории управления [1-2].

### Проблемы управления корпоративной сетью

Основной проблемой управления корпоративной сетью является необходимость согласованного решения ряда задач, обусловленных спецификой работы сети и прикладного программного обеспечения. К основным из таких задач, можно отнести [5]:

- разработку комплексной цели управления сетью в виде комплексного критерия качества работы сети, отражающего качество решения прикладных задач;
- формирование частных целей управления, обеспечивающих получение приемлемых результатов работы сети;
- согласование частных целей управления при решении различных прикладных задач в единой сетевой среде;
- учет динамики процессов развития сети, связанных с появлением новых прикладных задач, нового сетевого оборудования, подключением новых пользователей, изменениями структуры;
- эффективное использование аппаратно-программного комплекса во избежание неоправданных затрат на создание и эксплуатацию сети;
- учет особенностей взаимодействия с внешней средой (внешние сети различного уровня, провайдеры каналов связи, обслуживающие аппаратное и программное обеспечение организации).

Для комплексного решения перечисленных задач администратор должен четко представлять свои возможности по управлению сетью.

### Показатели качества управления сетью

Целесообразно сначала составить общий (унифицированный) набор – систему показателей качества решения прикладных задач на сети, учитывающий специфику каждой задачи:  $QT = \{QT_1, QT_2 \dots QT_Q\}$ , где  $Q$  – общее количество показателей качества решения прикладных задач на сети;  $QT_i$  –  $i$ -ый показатель качества

решения задачи. Здесь каждый показатель имеет физический смысл (например, время решения задачи, загрузка каналов связи данными этой задачи и т.д.) и зависит от параметров конкретной задачи. Использование общей шкалы (системы) показателей качества позволяет значительно упростить и систематизировать описание процессов управления сетью.

Пусть задача номер  $k$  имеет набор показателей качества решения:  $q_k = (q_{1k}, q_{2k}, \dots, q_{Qk})$ , где  $(k = 1; 2 \dots L)$ ,  $L$  – общее число задач, решаемых на сети. При этом,  $q_{ik} = 1$ , если показатель качества номер  $i$  ( $QT_i$ ) из набора (множества)  $QT$  используется для задачи номер  $k$ , и  $q_{ik} = 0$ , если этот показатель не используется для задачи номер  $k$ .

В дальнейшем, если для оценки качества решения задачи номер  $k$  используется показатель номер  $i$ , то будем обозначать такой показатель  $QT_{ik}(S_k) = QT_i(S_k)q_{ik}$  с учетом множества параметров задачи  $S_k$ . Параметры задачи определены, например, в работах [1; 3].

Набор показателей качества для задачи номер  $k$  формируется из набора следующим образом:

$$QT_k(S_k) = \{q_{1k}QT_1(S_k), q_{2k}QT_2(S_k), \dots, q_{Qk}QT_Q(S_k)\}.$$

Использование единой системы показателей для оценки качества решения прикладных задач позволяет определить множество (систему) частных целей управления сетью, как совокупность следующих оптимумов:

$$GT^* = \{GT_k^*\}, \tag{1}$$

$$GT_k^* = \{opt_{UN}(F[QT_k(S_k)])\}, \quad k=1; 2 \dots L.$$

Запись  $opt_{UN}(\dots)$  означает, в зависимости от задачи, либо  $\min_{UN}(\dots)$ , либо  $\max_{UN}(\dots)$  показателя;

$GT_k^*$  – значение интегрированного показателя качества решения задачи номер  $k$ ,  $UN$  – множество управляющих параметров корпоративной сети; запись  $opt_{UN}(F[QT_k(S_k)])$  означает оптимум функции от показателей качества по параметрам управления.

Главная особенность решения совокупности задач на сети состоит в том, что процессы, программно реализующие задачи, как правило, конкурируют за ресурсы сети и одновременное достижения оптимальных результатов по каждому показателю задачи и по каждой задаче не всегда возможно. Кроме того, оптимизация показателей качества решения каждой отдельной задачи не

всегда может обеспечить оптимальную работу сети в целом.

Для того, чтобы получить интегрированные показатели качества решения совокупности задач, введем множество весов показателей  $\mathbf{A}_k = \{a_{ik} > 0\}$  для каждой задачи, и множество весов задач  $\mathbf{B} = \{b_k\}$ , ( $i = 1; 2 \dots Q; k = 1; 2 \dots L$ ). При этом получим, с учетом (1):

$$GT = \sum_{k=1}^L b_k GT_k = \sum_{k=1}^L b_k \left[ \sum_{i=1}^Q (a_{ik} q_{ik} QT_{ik}(\mathbf{S}_k)) \right], \quad (2)$$

где  $GT$  – интегрированный общий показатель качества решения задач на сети,  $b_k$  – вес задачи  $k$ .

Здесь  $F[\mathbf{QT}_k(\mathbf{S}_k)] = \sum_{i=1}^Q (a_{ik} q_{ik} QT_{ik}(\mathbf{S}_k))$ .

Теперь можно, получить обобщенную формулу для вычисления интегрированного целевого (оптимального) показателя качества работы сети по решению заданного набора задач:

$$GT^* = \underset{\text{UN}}{\text{opt}} \left( \sum_{k=1}^L b_k F[\mathbf{QT}_k(\mathbf{S}_k)] \right). \quad (3)$$

Аналогично можно определить целевые (оптимальные) показатели качества решения каждой задачи:

$$GT_k^* = \underset{\text{UN}}{\text{opt}} \left( \sum_{i=1}^Q a_{ik} (QT_{ik}(\mathbf{S}_k)) \right). \quad (4)$$

Следует отметить, что не всегда справедливо равенство:  $GT^* = \sum_{k=1}^L b_k GT_k^*$ . Это может быть связано с тем, например, что оптимальное значение параметров управления для одной задачи не будет оптимальным для другой задачи, поскольку задачи могут конкурировать за ресурсы сети. В связи с этим необходимо согласовывать частные цели, что позволит получать приемлемые решения.

### Пространство состояний сети

Важной задачей при управлении сетью является определение пространства состояний сети и параметров этого пространства. Под параметрами сети будем понимать параметры сетевого оборудования и параметры задач.

Множество параметров сети будем обозначать, в соответствии с [4]:

$$\mathbf{SN} = \{\mathbf{SI}, \mathbf{PSI}(\mathbf{SI}), \mathbf{ST}, \mathbf{PST}(\mathbf{ST})\}, \quad (5)$$

где

$$\mathbf{SI} = \{N, M, D, L, R, P, D, U, \mathbf{W}_i, \mathbf{V}_k, \mathbf{B}_k, \mathbf{G}, \mathbf{H}, \mathbf{S}\},$$

( $i = 1; 2 \dots L$ ); ( $k = 1; 2 \dots L$ ) – подмножество параметров, задающих информационную структуру сети;

$$\mathbf{PSI}(\mathbf{SI}) = \{\Lambda, \mathbf{Z}_k, \mathbf{A}_k, \mathbf{A}, \mathbf{B}^*, \Phi, K_1, K_2, C_1, C_2, A_1(C_1), A_2(C_2)\}.$$

( $k = 1; 2 \dots L$ ) – подмножество параметров потоков данных, вычисляемых для заданной информационной структуры сети;

$$\mathbf{ST} = \{K_1^*, K_2^*, K_3^*, Y_1^*, Y_2^*, Y_3^*, X_1^*, X_2^*, X_3^*\}$$

– подмножество параметров, задающих техническую структуру сети;

$$\mathbf{PST}(\mathbf{ST}) = \{A_1^*, A_2^*, A_3^*, \lambda_1^*, \lambda_2^*, \lambda_3^*, \gamma_1^*\}$$

– подмножество параметров потоков данных в технической структуре.

При необходимости, однако, множество параметров может быть расширено.

Под состоянием сети в какой-либо момент времени, будем понимать набор значений ее параметров из множества  $\mathbf{SN} = \{\mathbf{SI}, \mathbf{PSI}(\mathbf{SI}), \mathbf{ST}, \mathbf{PST}(\mathbf{ST})\}$  в этот момент времени. Таким образом, конкретное состояние сети определяется множеством параметров  $\mathbf{STN}$ .

Все возможные значения параметров, составляющих множество  $\mathbf{STN}$ , образуют пространство состояний сети. Будем обозначать пространство состояний сети как  $\mathbf{SS}(\mathbf{STN})$ .

Важно отметить, что в пространство состояний входят, в нашем случае, только те множества значений параметров сети, которые являются практически реализуемыми, т.е. возможно построение реальной сети с данными параметрами. В связи с этим будем считать, что все состояния сети являются достижимыми, а пространство состояний связным, то есть имеется возможность привести сеть в эти состояния [2].

Поскольку состояние сети это некоторый результат ее администрирования, то среди множества параметров сети, при определении множества  $\mathbf{STN}$ , целесообразно выделить те параметры, которые являются результатом изменения других параметров – пассивные параметры. При обозначении множества таких параметров будем использовать символ \*. Так что имеем

$$\mathbf{STN} = \{\mathbf{PSI}^*(\mathbf{SI}), \mathbf{PST}^*(\mathbf{ST})\}, \quad (6)$$

где

$$\mathbf{PSI}^*(\mathbf{SI}) = \{\Lambda, \mathbf{Z}_k, \mathbf{A}_k, \mathbf{A}, \mathbf{B}^*, \Phi\} \subseteq \mathbf{PSI}(\mathbf{SI}),$$

$$(k = 1; 2 \dots L)$$

$$\mathbf{PST}^*(\mathbf{ST}) = \{\mathbf{A}_1^*, \mathbf{A}_2^*, \mathbf{A}_3^*, \lambda_1^*, \lambda_2^*, \lambda_3^*, \gamma_1^*\} \subseteq \mathbf{PST}(\mathbf{ST}).$$

Выделение пассивных параметров позволяет администратору сети сократить множество параметров, на которые нужно воздействовать при управлении сетью.

Множество параметров сети можно разделить на два подмножества  $\mathbf{SN} = \mathbf{BSN} \cup \mathbf{SN}_1$ . Здесь  $\mathbf{BSN}$  множество базовых параметров сети, а  $\mathbf{SN}_1$  – множество варьируемых параметров, очевидно, что  $\mathbf{SN}_1 \cap \mathbf{STN} = \emptyset$ .

Базовые параметры меняются достаточно редко, и их изменение влечет необходимость реконфигурации сети, а часть параметров, составляющих множество  $\mathbf{SN}_1$ , являются варьируемыми в процессе эксплуатации сети при постоянных базовых параметрах.

Базовыми параметрами сети являются, например, количество серверов, количество решаемых на сети задач. Для каждой задачи номер  $k$ , например, при заданных базовых параметрах определяются параметры из множества  $\mathbf{S}_k$ .

Варьируемые параметры сети, это, например, интенсивности потоков запросов на запуск приложений (задач), распределение приложений по сети, настройки сетевого оборудования, производительность серверов и каналов связи.

Главными свойствами, по которым параметры сети различаются на базовые и варьируемые, являются:

- динамичность, то есть скорость изменения во времени; базовые параметры, как правило, изменяются значительно медленнее, чем варьируемые;
- изменение базовых параметров влечет, как правило, обязательное изменение варьируемых параметров для поддержания эффективной работы сети, в то время как изменение варьируемых параметров не требует изменения базовых параметров;
- изменение базовых параметров приводит к значительным изменениям показателей качества работы сети, а изменение варьируемых параметров приводит к незначительным изменениям.

Состояние сети, которое соответствует определенному набору базовых параметров сети, будем называть базовым (начальным) состоянием. Это состояние соответствует началу функционирования сети, созданной для заданного набора базовых параметров. Дальнейшее развитие (функ-

ционирование) сети из заданного начального состояния, происходит при неизменных базовых параметрах.

Множество базовых параметров сети  $\mathbf{BSN} = \{\mathbf{BSN}_j\}$ ,  $j = 1; 2 \dots BR$ , где  $BR$  – общее число базовых параметров сети, а  $\mathbf{BSN}_j \in \mathbf{BSN}$  – значение базового параметра номер  $j$ . Заметим, что  $\mathbf{BSN}_j \in \mathbf{SN}$  и, следовательно,  $\mathbf{BSN} \subseteq \mathbf{SN}$ . Конкретный набор (множество) базовых параметров номер  $i$  –  $\mathbf{BSN}_i\{\dots\}$  является подмножеством множества  $\mathbf{SN}\{\dots\}$ :

$$\mathbf{BSN}_i\{\dots\} \subseteq \mathbf{SN}\{\dots\} \quad (7)$$

$$\text{для всех } i = 1; 2 \dots BR. \mathbf{BSN} = \bigcup_i \mathbf{BSN}_i\{\dots\}.$$

Реконфигурация (развитие) сети, изменение прикладных задач, изменение состава пользователей и оборудования приводит к изменению (расширению) множества базовых параметров сети.

Пространство состояний сети можно разбить на непересекающиеся подпространства, каждое из которых характеризуется своим набором базовых параметров. Эти подпространства будем называть – базовые подпространства состояний. Каждое базовое подпространство является связным, а сами подпространства связываются через начальные базовые состояния. Здесь имеется в виду, что при управлении сетью переходы из состояния в состояние возможны только в пределах одного базового подпространства при неизменных базовых параметрах. Если базовые параметры меняются, то происходит переход в новое базовое подпространство.

Каждое базовое подпространство состояний сети, соответствующее набору базовых параметров  $\mathbf{BSN}_i\{\dots\}$  будем обозначать  $\mathbf{SS}_i(\mathbf{BSN}_i\{\dots\})$ .

Все состояния каждого базового подпространства достижимы и, соответственно, возможно управление сетью в данном подпространстве состояний.

При управлении сетью в пределах всего пространства состояний, переход между подпространствами, соответствующими своим начальным состояниям, осуществляется через подпространство начальных состояний сети. Для администратора сети такой вывод означает, что можно управлять сетью без изменения начальных (базовых) параметров, которыми являются, как правило, исходные

данные для построения сети. Из (7) также следует

$$SS(STN) = \bigcup_i SS_i \{BSN_i, \dots\}. \quad (8)$$

### Параметры управления сетью

Под управлением сетью будем понимать перевод сети из одного состояния в другое, для чего необходимо воздействовать на аппаратные и программные средства сети, т.е. управление осуществляется путем изменения параметров сети. Такие воздействия будем далее называть управлениями. Как отмечалось выше, при обсуждении пространства состояний сети, все состояния сети считаем достижимыми.

Элементами множества управлений сетью являются варьируемые параметры сети, изменяя которые можно изменять состояние сети. Такими параметрами могут являться, например, параметры сетевого оборудования и каналов связи, количественные параметры, определяющие состав сети, параметры, определяющие размещение программных средств в узлах сети и параметры, задающие структуру сети. Особенностью этих параметров является возможность их изменения администратором сети и их влияние на состояние сети и качество ее работы.

Обозначим множество управлений сетью  $UN$ . Тогда имеем:

$$UN = \{G, H, S, K_1, K_2, C_1, C_2, A_1(C_1), A_2(C_2), ST\}. \quad (9)$$

Из (6) следует  $UN \subseteq (SN_1 \cup BSN)$ , при этом  $UN \cap STN = \emptyset$ .

Введем понятие шага управления. Под шагом управления будем понимать однократное и одновременное (разовое) изменение параметров управления сетью и ее состояний.

Отметим одно свойство управления сетью. Поскольку управление подразумевает переход из одного состояния в другое путем изменения параметров сети, то внутри одного базового подпространства состояний все состояния достижимы за один шаг управления. Действительно, это возможно, если допускается любое однократное изменение не базовых параметров сети, что соответствует реальной действительности.

Далее, поскольку переход из одного базового подпространства состояний в другое возможен только через начальное состояние этого (другого) подпространства, то переходы между состояниями сети внутри всего пространства состояний возможны за два шага управления. Здесь следу-

ет отметить, что на практике действительно необходимо сначала изменить базовые параметры и привести сеть в одно из состояний соответствующего базового подпространства состояний, а затем перевести в требуемое состояние этого подпространства.

### Задачи управления сетью

Остановимся теперь на конкретных задачах, решение которых требуется при управлении сетью.

Отметим прежде, что управление работой корпоративной сети, как правило, подразумевает управление потоками данных в сети и, следовательно, управление структурообразующим оборудованием сети (сетевым оборудованием). Это отражается, как правило, и в наборе параметров управления  $UN$ .

Проведенные исследования показали, что основными факторами, влияющими на потоки данных в сети, загрузку каналов связи и сетевого оборудования, являются следующие параметры сети:

- распределение приложений по узлам сети;
- распределение пользователей по узлам сети (рабочим станциям);
- интенсивность потоков запросов на запуск приложений (задач);
- структура сети, задающая каналы связи между сетевым оборудованием и привязку рабочих станций и серверов к сетевому оборудованию;
- величины полос пропускания каналов связи, используемых в сети;
- пропускная способность сетевого оборудования, применяемого в сети;
- распределение полосы пропускания каналов связи между отдельными задачами (группами задач);
- маршрутизация потоков данных в сети.

Приведенные в [1; 4] математические модели, позволяют вычислять параметры потоков данных в сети при фиксированных параметрах сети: структуре, настройках сетевого оборудования, распределении приложений по узлам сети и фиксированной интенсивности потоков запросов на запуск задач (приложений). Основные из этих параметров сети, как параметры управления, определяются множеством  $UN$ , которое было задано выше.

Однако, в реальной корпоративной сети интенсивности потоков запросов, состав пользователей и состав решаемых задач могут меняться со временем, кроме того, с развитием сети меня-

ется состав оборудования и его параметры – т.е. базовые параметры сети, множество которых – **BSN** определено выше. Все это вызывает необходимость изменения (коррекции) управляющих параметров сети для достижения требуемого значения показателей качества ее работы. Такое изменение параметров сети, настройка сети, есть основной процесс управления сетью. При этом, естественно, необходимо обеспечивать требуемые значения показателей качества работы сети, связанных с решением прикладных задач.

Целесообразно разделить управление сетью на два уровня:

- управление на уровне базовых параметров;
- управление на уровне варьируемых параметров.

Управление сетью сводится к решению следующих основных задач на соответствующих уровнях:

- управление структурой сети (уровень 1);
- управление распределением и миграцией приложений (уровни 1 и 2);
- управление настройками сетевого оборудования и управление потоками данных в сети (уровень 2):
- управление параметрами обслуживания потоков данных;
- управление маршрутизацией.

Управление сетью на всех уровнях должно обеспечивать оптимальные значения показателей качества работы сети (качества решения задач), определенных формулами (2)-(4).

Далее будем различать два вида управления сетью, применяемых на практике, и соответствующих указанным выше уровням управления:

- настройка сети – уровень базовых параметров;
- оперативное управление (частным и наиболее важным случаем – управление потоками данных) – уровень варьируемых параметров.

Настройка сети требуется либо при первом (начальном) запуске сети после ее создания при заданном наборе базовых параметров, либо при изменении какого-либо из базовых параметров сети. Поэтому настройка это управление на уровне базовых параметров.

Оперативное управление применяется постоянно при работе сети и является управлением на уровне варьируемых параметров. Необходимость оперативного управления связана с возникновением в сети ситуаций, когда, например, возникают временные изменения интенсивностей

потоков данных, вызванные производственной необходимостью при решении бизнес-задач.

В соответствии с этим, разделим и множество параметров управления сети **UN** на два непересекающихся подмножества **UN<sub>0</sub>** и **UN<sub>1</sub>** так, что **UN = UN<sub>0</sub> ∪ UN<sub>1</sub>** и **UN<sub>0</sub> ∩ UN<sub>1</sub> = ∅**. Здесь **UN<sub>0</sub>** – множество базовых управлений сетью или параметров базового управления (**UN<sub>0</sub> ⊆ BSN**), а **UN<sub>1</sub>** – множество оперативных управлений или параметров оперативного управления сетью (**UN<sub>1</sub> ⊆ SN<sub>1</sub>**).

Множество показателей качества работы **QT** сети также разделим на два подмножества **QT<sub>0</sub>** и **QT<sub>1</sub>** так, что **QT = QT<sub>0</sub> ∪ QT<sub>1</sub>** и **QT<sub>0</sub> ∩ QT<sub>1</sub> ≠ ∅**.

Подмножество **QT<sub>0</sub>** составляют показатели качества, вычисляемые на этапе настройки сети, а подмножество **QT<sub>1</sub>** составляют показатели качества, вычисляемые при оперативном управлении сетью.

Для каждой задачи номер *k* определим набор показателей **QT<sub>0k</sub> ⊆ QT<sub>0</sub>** и набор показателей **QT<sub>1k</sub> ⊆ QT<sub>1</sub>**. Для этого вектор **q<sub>k</sub>**, определенный выше, разделим на два вектора **q<sub>0k</sub>** и **q<sub>1k</sub>**, размерности *Q*, так, что **q<sub>k</sub> = q<sub>0k</sub> + q<sub>1k</sub>**. Здесь вектор **q<sub>0k</sub>** определяет набор показателей качества для задачи *k* вычисляемых при настройке сети, а вектор **q<sub>1k</sub>** определяет набор показателей качества для задачи *k*, вычисляемых при оперативном управлении сетью. При этом каждый показатель качества работы сети при решении задачи номер *k* – **QT<sub>ik</sub>** будем снабжать дополнительным первым индексом, определяющим его принадлежность к подмножествам **QT<sub>0</sub>** и **QT<sub>1</sub>**, т.е. **QT<sub>0ik</sub>** или **QT<sub>1ik</sub>**.

Соответственно множества весовых коэффициентов **A<sub>k</sub>** и **B** также разделим на подмножества **A<sub>0k</sub> = {a<sub>0ik</sub>}**, **A<sub>1k</sub> = {a<sub>1ik</sub>}**, **A<sub>k</sub> = A<sub>0k</sub> ∪ A<sub>1k</sub>** и **B<sub>0</sub> = {b<sub>0k</sub>}**, **B<sub>1</sub> = {b<sub>1k</sub>}**, **B = B<sub>0</sub> ∪ B<sub>1</sub>**, где *i* = 1; 2 ... *Q*; *k* = 1; 2 ... *L*.

С учетом того, что настройка сети производится только при изменении базовых параметров, задача настройки сети ставится, в данном случае, следующим образом:

### Задача настройки сети

Дано:

- набор задач, решаемых на сети (количество задач – *L*);
- множество базовых параметров сети – **BSN**;
- множество базовых параметров управления сетью – **UN<sub>0</sub>**;

- множество показателей качества настройки сети –  $QT_0$ ;
- множество показателей качества настройки сети для каждой задачи –  $QT_{0k}$  ( $k = 1; 2 \dots L$ );
- множество весовых коэффициентов  $\{b_{0k}\}$  для частных задач,
- множество весовых коэффициентов  $\{a_{0ik}\}$  для показателей качества решения частных задач.

Найти:

$$GT_0^* = \underset{UN_0}{opt} \left( \sum_{k=1}^L b_{0k} \sum_{i=1}^Q a_{0ik} (QT_{0ik}(S_k)) \right) \quad (10)$$

при заданной системе ограничений:

$$\begin{aligned} SN_{01} \leq \overline{SN}_{01}, SN_{02} \geq \underline{SN}_{02} \text{ и} \\ \underline{S}_k \leq S_k \leq \overline{S}_k, k = 1; 2; L. \end{aligned}$$

Здесь  $SN_0 = SN_{01} \cup SN_{02}$ ,  $\overline{SN}_{01}$ ,  $\underline{SN}_{02}$  – множества предельных (допустимых) значений для базовых параметров сети,  $\underline{S}_k, \overline{S}_k$ , ( $k = 1; 2; L$ ) – множества нижних и верхних предельных значений характеристик сети, установленных для задачи номер  $k$ .

Задача решается при изменении базовых параметров сети. Основным результатом решения задачи настройки является, как правило, структура сети, ориентированная на решение заданного множества прикладных задач.

Оперативное управление работой сети осуществляется непрерывно в процессе работы сети так, что для каждого момента времени решается задача оперативного управления.

### Задача оперативного управления сетью

Дано:

- множество варьируемых параметров сети –  $SN_1$ ;
- множество параметров оперативного управления сетью –  $UN_1$ ;
- множество показателей качества оперативного управления –  $QT_1V$ ;
- множество показателей качества оперативного управления сетью для каждой задачи –  $QT_{1k}$  ( $k = 1; 2 \dots L$ );
- множество весовых коэффициентов  $\{b_{1k}\}$  для частных задач;
- множество весовых коэффициентов  $\{a_{1ik}\}$  для показателей качества решения частных задач.

Найти:

$$GT_1^* = \underset{UN_1}{opt} \left( \sum_{k=1}^L b_{1k} \sum_{i=1}^Q a_{1ik} (QT_{1ik}(S_k)) \right) \quad (11)$$

при заданной системе ограничений:

$$\begin{aligned} SN_{11} \leq \overline{SN}_{11}, SN_{12} \geq \underline{SN}_{12} \text{ и} \\ \underline{S}_k \leq S_k \leq \overline{S}_k, k = 1; 2; L. \end{aligned}$$

Здесь  $SN_1 = SN_{11} \cup SN_{12}$ ,  $\overline{SN}_{11}$ ,  $\underline{SN}_{12}$  – множества предельных (допустимых) значений для базовых параметров сети,  $\underline{S}_k, \overline{S}_k$ , ( $k = 1; 2; L$ ) – множества нижних и верхних предельных значений характеристик сети, установленных для задачи номер  $k$ .

Задачи оперативного управления решаются при заданной структуре корпоративной сети в случае изменения ее варьируемых параметров. Управление ищется в базовом подпространстве состояний, соответствующем заданным базовым параметрам. Результатом решения является повышение качества решения прикладных задач.

Отметим, что общий (интегрированный) целевой показатель качества управления сетью определяется выражением:

$$GT^* = GT_0^* + GT_1^*. \quad (12)$$

Следует отметить, что весовые коэффициенты  $\{b_{0k}\}$ ,  $\{a_{0ik}\}$ ,  $\{b_{1k}\}$ ,  $\{a_{1ik}\}$ , используемые в постановках задач управления, определяют относительную важность показателей качества работы сети и решаемых задач, поэтому их величина назначается экспертами и администраторами в каждом конкретном случае.

Поиск оптимальных значений параметров управления проводится численными методами, как правило, возможен направленный перебор вариантов, поскольку число возможных значений параметров управления на практике достаточно ограничено [3].

### Выводы

Предложенный подход позволяет администратору сети четко определить множество параметров, которые следует принимать во внимание при управлении и цели управления.

Выделение задачи настройки и задачи оперативного управления дает возможность обоснованно выбирать параметры управления и цели для каждого конкретного случая.

Еще одним важным практическим моментом является то, что данный подход может рассматриваться как теоретическая поддержка при использовании известных систем управления и мониторинга (HP Open View, IBM Tivoli и т.д.), поскольку позволяет обоснованно выбирать мно-

жество параметров для мониторинга и управления.

### Литература

1. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Гудвин Г.К., Гребен С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.
3. Кофман А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций. М.: Мир, 1977. – 432 с.
4. Леохин Ю.Л. Анализ информационной структуры корпоративной сети // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. № 4, 2008. – С. 27-40.
5. Ретана А., Слайс Д., Уайт Р. Принципы проектирования корпоративных IP-сетей. М.: ИД «Вильямс», 2002. – 368 с.

УДК 621.391

## МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ТАБЛИЦ МАРШРУТИЗАЦИИ

*Смагин А.А., Шиготаров А.В.*

В работе рассматривается метод уменьшения размера таблиц маршрутизации, основанный на использовании алгоритма минимизации булевых функций. Экспериментальные результаты, полученные на данных, представляющих собой таблицы маршрутизации из крупных точек обмена Internet-трафиком, показывают высокую эффективность метода для задач большой размерности.

### Введение

Использование бесклассовой междоменной маршрутизации (CIDR) отчасти позволяет решить проблему постоянного увеличения размеров таблиц маршрутизации в Internet-роутерах. Тем не менее, количество записей в реальных таблицах маршрутизации может достигать нескольких десятков тысяч, в связи с этим, актуальным вопросом остается разработка эффективных схем хранения и управления таблицами маршрутизации.

Базовым методом Internet-маршрутизации является сопоставление по наиболее длинному префиксу. Каждая запись таблицы маршрутизации содержит префикс (который может соответствовать не только конкретному узлу, а целой сети) узла назначения и соответствующий ему узел, на который необходимо отправлять трафик. Одному адресу назначения может соответствовать несколько записей в таблице – выбирается же из них та, которая имеет наиболее длинную маску подсети. Рассмотрим фрагмент таблицы маршрутизации (см. таблицу 1). Пусть адрес назначения равен 192.168.20.18. В этом случае, в соответствии с алгоритмом поиска наиболее длинного префикса, трафик будет отправлен на узел 1, так как адрес сети, соответствующий первой записи дает большее совпадение разрядов.

Таблица 1. Фрагмент таблицы маршрутизации

Префикс	Узел
192.168.20.16/27	1
192.168.0.0/16	2

Исследователями было предложено несколько программных и аппаратных схем для увеличения скорости поиска в таблицах маршрутизации. Алгоритмические методы включают в себя: локальный поиск, двоичный поиск, использование специальных структур данных (бинарные деревья, трие), хеширование и ряд других. Основным недостатком данных подходов является то, что они требуют нескольких обращений к памяти. Требования к производительности современных сетей являются очень высокими, в то время как время отклика современных архитектур памяти ограничивают возможное количество обращений к памяти.

Одним из наиболее распространенных и перспективных аппаратных решений является контентно-адресуемая память (САМ) [6]. Главной особенностью САМ является то, что адресация осуществляется на основе содержания данных, поиск нужной записи, при этом, может быть осуществлен за одно обращение к памяти. В каждой позиции САМ может быть только 0 или 1. САМ поддерживают только сравнения образцов с фиксированной длиной и, следовательно, в явном виде не подходят для поиска префиксов. Возможным решением является использование нескольких САМ, каждая из которых хранит префиксы определенной длины [3].

Более эффективный подход основан на применении так называемых тернарных САМ. Помимо индекса, ТСАМ хранят также отдельную