

УДК 681.324.06

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Нигматов З.З.

В статье рассмотрены результаты проведенного анализа качества корпоративной сети предприятия. Разработанная математическая модель нечеткой системы, построенная на базе нейро-нечеткой технологии, может применяться как универсальный инструмент для оценки качества сети. Получена автоматизированная система управления качеством предприятия, которая строится на базе современных корпоративных информационно-вычислительных сетей. Разработка системы управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети представляется возможным проводить по экспериментальным данным имитационной модели или реальной сети.

Ключевые слова: класс обслуживания, количественная оценка, нечёткая информация, нечёткое моделирование, система нечёткого логического вывода, экспертная оценка.

The article discusses the results of the analysis of the quality of the corporate network of the enterprise. The developed mathematical model of a fuzzy system built on the basis of neuro-fuzzy technology can be used as a universal tool for assessing the quality of a network. An automated enterprise quality management system has been received, which is built on the basis of modern corporate information and computer networks. The development of a quality management system for a corporate information-computing network seems to be possible using experimental data of a simulation model or a real network.

Key words: class of service, quantitative assessment, fuzzy information, fuzzy modeling, fuzzy inference system, expert assessment.

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие крупные предприятия имеют свои филиалы практически по всей территории нашей республики. В связи с этим становится актуальным вопрос об объединении всех существующих ресурсов этих предприятий в единую корпоративную сеть. Создание собственной корпоративной информационно-вычислительной сети (КИВС) является сложной задачей, представляет собой уникальную сложную техническую программно-аппаратную систему с разветвлённой инфраструктурой и транспортными средствами передачи информации.

Решение данной задачи связано с привлечением больших объёмов финансовых ресурсов. Кроме того, требуется проведение многочисленных экспериментов в реальном масштабе времени для исследования параметров качества функционирования сети. Одним из путей решения данной задачи является применение математического моделирования, позволяющего получить информацию о поведении системы или отдельных её подсистем, как на этапе создания, модернизации, так и в процессе эксплуатации.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Постановка задачи. Необходимо разработать модель, систему оценки и управления качеством проектируемой КИВС конкретного предприятия. Современному предприятию, имеющему распределённую структуру, необходимо повысить организацию связи и передачу данных в свои подразделения путём построения корпоративной сети. На современном этапе КИВС предъявляют высокие требования к готовности сети, её пропускной способности и интеллектуальности, то есть способности гибко и качественно обрабатывать трафик различного типа (данные, голос, видео), которые обеспечили бы высокие скорости передачи информации и малое время задержки сигнала. Желательно найти наилучший вариант с точки зрения качества функционирования, который обеспечивал бы на всём протяжении сети, независимо от её масштабов и используемых протоколов, циркуляцию данных в рамках определённых параметров качества. Для этого выделим следующие основные параметры, определяющие качество КИВС: *готовность сети (availability); пропускная способность (throughput); задержка (delay); вариация задержки (jitter); потери пакетов (packet loss).*

Метод решения. Готовность сети оценивается временем простоя предприятия в год: чем меньше время простоя, тем выше готовность сети. Время простоя в результате выхода из строя или ухудшения работы сети отражается непосредственно на доходах предприятия. Пропускная способность является одним из основных параметров, так как для корпоративных сетей характерна неравномерная структура трафика, всплески и падения. Поэтому, если порт небольшой пропускной способности, то в те моменты, когда трафик велик и сеть испытывает

нагрузки, качество передачи будет падать. Задержка характеризует интервал между приёмом и передачей пакетов. Вариация задержки параметр, описывающий возможные отклонения от времени задержки при передаче пакетов. Потери пакетов возникают, когда один или более пакетов с данными, передаваемыми по сети, не доходит до своего адресата.

К изменениям этих параметров сетевые сервисы чувствительны в разной степени. В моменты перегрузок в сети параметры начинают ухудшаться, и в итоге страдают все критически важные сетевые сервисы. Реализация дифференцированного обслуживания трафика сетевых сервисов (Quality of Service, сокращённо QoS), позволит обеспечить функционирование критических сервисов за счёт ограничения трафика менее важных сетевых приложений [1-2]. Однако для обеспечения качественного функционирования критически важных для предприятия приложений в корпоративной сети реализации только политики дифференцированного обслуживания недостаточно. Необходимы комплекс технических мер по реализации политики обслуживания сети, а также системы мониторинга и управления качеством. Под системой управления качеством понимается системы конфигурации, которая позволяет оценить качество и описать политику качества сети, с помощью определения классов сервиса, параметров, норм и действий в случае их нарушения.

Учитывая требования и возможности предприятия, для построения сети выбрано решение на базе услуги IP VPN (*Virtual Private Network* — виртуальная частная сеть), основанной на технологии MPLS (*Multi Protocol Label Switching* — мульти протокольная коммутация по меткам). В сети смогут функционировать любые системы, поддерживающие IP-протокол, то есть подавляющее большинство существующих приложений. К достоинствам технологии MPLS относится гибкое определение топологии сети и возможность назначать различный приоритет пропуску трафика в зависимости от решаемых задач.

Предприятие проводит классификацию трафика КИВС, и поскольку некоторые сегменты сети планируется арендовать у оператора связи, согласовывает принятую классификацию с поддерживаемыми им классами обслуживания следующим образом:

- первый класс: класс обслуживания с высоким приоритетом соответствует трафику видеоконференций и ряда приложений, для которого задержки критичны;
- второй класс: класс обслуживания со средним приоритетом соответствует трафику телефонии и приложений, для которого потери пакетов критичны;
- третий класс: класс обслуживания с низким приоритетом соответствует обычному бизнес-трафику, к которому особых требований не предъявляется.

Процесс функционирования предлагаемой системы представлен на

рисунке 1. Качество работы, рассматриваемой КИВС характеризуется набором технических параметров, которые условно можно разделить на параметры качества транспортировки сетевых сервисов и основные параметры качества сети. Качество транспортировки сетевых сервисов определяется следующими параметрами: задержка, вариация задержки, потери пакетов. К основным параметрам качества отнесены: готовность сети и её пропускная способность.

Оценка обобщённого качества K сети производится на основе оценки качества K_m транспортировки сетевых сервисов и оценки основного качества $K_{осн}$. Для оценки качества K_m предварительно определяются оценки качеств K_1, K_2, K_3 в разных классах обслуживания: первом, втором и третьем соответственно.

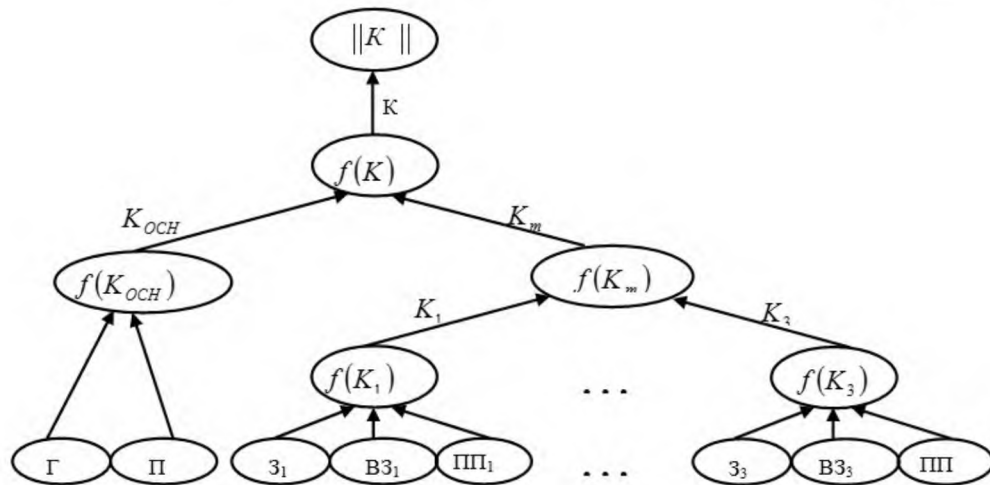


Рис. 1. Иерархическая классификация переменных, влияющих на оценку обобщенного качества КИВС

При этом K_i -функция от переменных $z_i, Bz_i, ПП_i$, где указанные переменные соответственно задержка, вариация задержки, потери пакетов в i ом классе, $i = 1;2;3$. $K_{осн}$ функция от переменных Γ (готовности) и $ПС$ (пропускной способности). Тогда модель оценки обобщённого качества K представляет собою функцию следующего вида: $X_1 \times \dots \times X_{11} \rightarrow [0;1]$, где

$$X_1 \times \dots \times X_{11} = \left\{ (\Gamma, ПС, z_1, ПП_1, z_2, Bz_2, ПП_2, z_3, Bz_3, ПП_3) \mid \Gamma \in X_1, \right. \\ \left. ПС \in X_2, z_1 \in X_3, Bz_1 \in X_4, ПП_1 \in X_5, z_2 \in X_6, Bz_2 \in X_7, ПП_2 \in X_8, z_3 \in X_9, Bz_3 \in X_{10}, ПП_3 \in X_{11} \right\}; \\ (\Gamma, ПС, z_1, Bz_1, ПП_1, z_2, Bz_2, ПП_2, z_3, Bz_3, ПП_3)$$

вектор показателей обобщённого качества сети; Γ - готовность, $ПС$ - пропускная способность, $z_i, Bz_i, ПП_i$ - соответственно задержка, вариация

задержки, потери пакетов в i -ом классе, $i = 1; 2; 3$.

Таким образом, количественной оценкой обобщённого качества КИВС является число, принадлежащее отрезку $[0;1]$. Обозначим эту оценку через $\|K\|$. Оценка $\|K\|$ используется при принятии одного из следующих решений: S_1 - улучшение качества КИВС не требуется; S_2 -улучшение качества требуется и возможно; S_3 -улучшение качества требуется, но оно невозможно.

Модель количественной оценки основного качества K_{OCH} представляет собою функцию следующего вида:

$$\|K_m\| : X_3 \times \dots \times X_{11} \rightarrow [0;1], \text{ где } X_1 \times X_2 = \{(Г, ПС) | Г \in X_1, ПС \in X_2\}.$$

Модель количественной оценки качества транспортировки сетевых сервисов K_m -функция вида: $\|K_m\| : X_3 \times \dots \times X_{11} \rightarrow [0;1]$,

где

$$X_3 \times \dots \times X_{11} = \{(Z_1, BZ_1, PPP_1, Z_2, BZ_2, PPP_2, Z_3, PPP_3) | Z_1 \in X_3, BZ_1 \in X_4, \\ PC_1 \in X_5, Z_2 \in X_6, BZ_2 \in X_7, PPP_2 \in X_8, Z_3 \in X_9, BZ_3 \in X_{10}, PPP_3 \in X_{11}\}$$

Модель количественной оценки качества обслуживания K_i в i -м классе ($i=1;2;3$)-функция вида:

$$\|K_i\| : \{(Z_i, BZ_i, PPP_i)\} \rightarrow [0;1].$$

Иерархическую взаимосвязь между входными переменными, классами входных переменных и выходной переменной (интегральным показателем) представим в виде граф дерева логического вывода (рис. 1).

Элементы дерева интерпретируются следующим образом. Корень дерева-количественная оценка обобщённого качества K ; терминальные вершины $Г, П, Z_1, BZ_1, PPP_1, Z_2, BZ_2, PPP_2, Z_3, BZ_3, PPP_3$ -частные показатели; нетерминальные вершины $f(K_{OCH}), f(K_1), f(K_2), f(K_3)$ -свёртки частных показателей; дуги K_{OCH}, K_1, K_2, K_3 ,-укрупнённые показатели; нетерминальные вершины $f(K_m)$ и $f(K)$ - свёртки укрупнённых показателей; дуга K_m - укрупнённый показатель. Каждый частный, а также каждый укрупнённый показатель рассматривается как лингвистическая переменная, то есть переменная с лингвистическими значениями, выражающими качественные оценки.

Каждая из свёрток $f(K_{OCH}), f(K_1), f(K_2), f(K_3), f(K_m)$, и $f(K)$ производится с помощью логического вывода по экспертным нечётким базам знаний типа Мамдани. При определении формы функций принадлежности, ассоциированных с каждой переменной, экспертам было предложено выбрать треугольную. Выбор кусочно-линейной функции принадлежности был в значительной степени обусловлен малым объёмом имеющейся релевантной информации. Кусочно-линейные функции принадлежности приводят к получению локально линейных поверхностей отклика модели (при условии правильного выбора других составляющих системы), что положительно

сказывается на точности моделирования в условиях малого объёма информации ([2]). В качестве нечётких баз знаний, являющихся носителем экспертной информации, были сформулированы логические правила, которые выражаются в виде пар посылок и заключений типа «ЕСЛИ..., ТО...». Элементы антецедентов нечётких правил связаны логической операцией И.

Рассмотрим задачу оценки качества транспортировки сетевых сервисов для класса обслуживания с высоким приоритетом. Для создания СНЛВ (системы нечёткого логического вывода) запускаем в Matlab модуль fuzzy. Добавляя входные переменные, получаем следующую структуру СНЛВ: три входа (задержка, вариация задержки, потери пакетов), механизм нечёткого вывода Мамдани, один выход (качество K_i). Каждой входной и выходной переменной ставим в соответствие набор функций принадлежности (ФП) типа trimf. Для переменной Z_1 был определён диапазон значений от 0 до 80 (единица измерения - миллисекунда), терм множества {низкая, средняя, высокая}. Для переменной BZ_1 диапазон значений составил отрезок от 0 до 60 (единица измерения - миллисекунда), терм-множества {низкая, средняя, высокая}. Для переменной $ПП_1$ диапазон значений был выбран от 0 до 2 (единица измерения - процент), терм-множества {низкие, средние, высокие}. Значения выходной переменной K_i были определены в диапазоне от 0 до 1 (единица измерения - действительное число); затем были добавлены пять ФП типа trimf, терм-множества {неприемлемо низкое, низкое, среднее, выше среднее, высокое}. В качестве базы знаний были сформулированы 27 правил управления. В качестве иллюстрации укажем, например, такие:

Если Z_1 низкая и BZ_1 низкая и $ПП_1$ низкие, то K_i высокое.

Если Z_1 низкая и BZ_1 средняя и $ПП_1$ средние, то K_i выше среднего.

Если Z_1 средняя и BZ_1 средняя и $ПП_1$ средние, то K_i среднее.

Если Z_1 средняя и BZ_1 высокая и $ПП_1$ средние, то K_i низкое.

Если Z_1 высокая и BZ_1 высокая и $ПП_1$ высокие, то K_i неприемлемо низкое.

С помощью средства просмотра правил вывода вводятся значения входных данных, отображается процесс нечёткого вывода и результат.

Структурная схема моделирующего алгоритма процесса функционирования предлагаемой системы представлен на рис.2, из которого, видно, что если условие блока « $\|K(\bullet)_{don}\| \leq \|K(\bullet)_{don}\|$ » выполняется, то улучшения

качества КИВС в данный период не требуется.

Если же условие блока не выполняется, то необходимо провести анализ работы сети с целью повышения её качества. Для этого необходимо выяснить, какие из показателей качества можно улучшить - блок «Изменение параметров качества $K(\cdot)$ ». Если условие этого блока выполнимо, то - переход к блоку S_3 (улучшение результатов деятельности требуется и возможно) и после изменения значений показателей - возвращение к блоку «Количественная оценка качества $K(\cdot)$ », где производится оценка качества после проведённых мероприятий. Если корректировка показателей качества невозможна, то - переход к блоку S_3 (улучшение качества требуется, но невозможно) – выход [3].

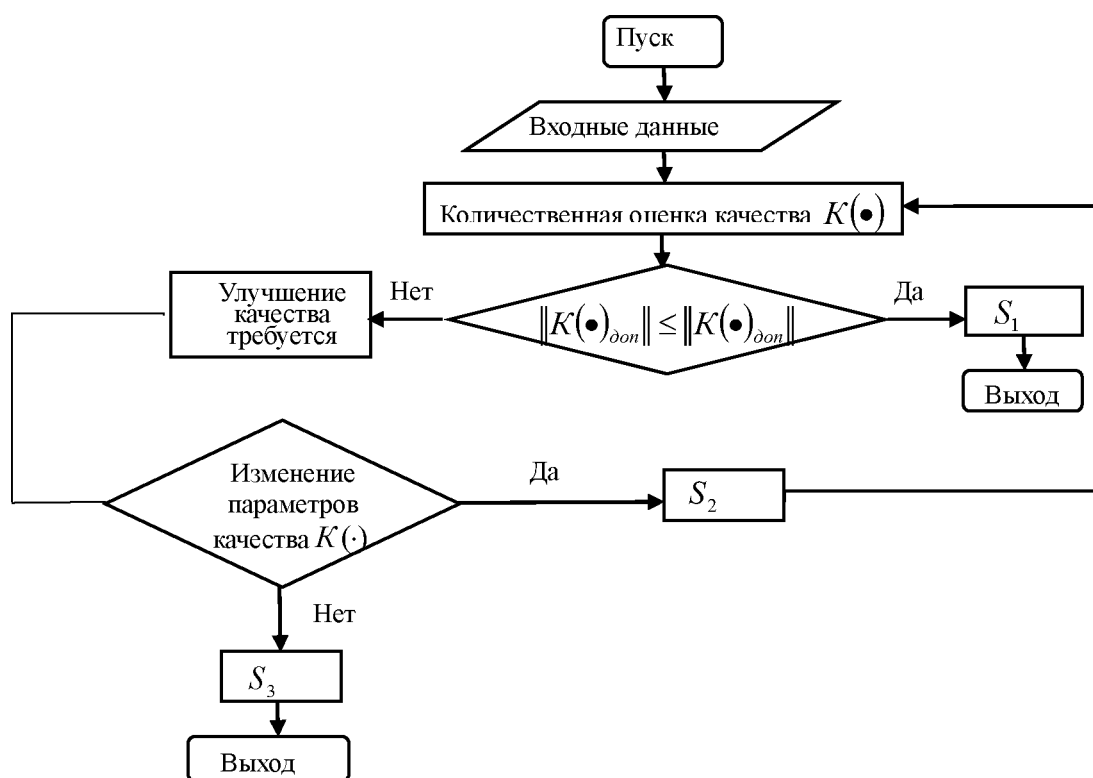


Рис. 2. Структурная схема алгоритма системы управления качеством

Таким образом, для управления качеством КИВС необходимо:

- определить текущее значение выходной переменной $\|K\|$;
- сравнить его с установленным допустимым значением $\|K_{доп}\|$;
- подобрать значения управляющих переменных так, чтобы достичь установленного допустимого качества (при условии, что такие значения могут быть обеспечены).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нейросетевые технологии (и в частности, возможности интерактивного модуля *anfisedit* в рамках пакета *Fuzzy Logic Toolbox*) позволяют провести моделирование параметров качества и определить динамику их изменения в случае большого числа входных параметров. Адаптивная нейро-нечёткая система автоматически синтезирует из экспериментальных данных нейро-нечёткие сети. При этом функции принадлежности синтезированных систем настроены так, чтобы минимизировать отклонения между экспериментальными данными и результатами нечёткого моделирования. Разработка системы управления оценки качества КИВС представляется возможным проводить по экспериментальным данным имитационной модели или реальной сети.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Интеллектуальная система административного управления развитием корпоративной информационно-вычислительной сети // "Датчики и системы". №6, 2001. с. 42-46.
- [2] Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. М.: Финансы и статистика, 2004.- 320с.
- [3] Герасимова Е.К., Горемыкина Г.И., Мастяева И.Н. Создание системы оценки и управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8-4. – С. 903-908;
- [4] Лютов А. Г., Огородов В. А., Чугунова О. И. Компьютерные системы менеджмента качества: учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 2008. 278 с.
- [5] Компьютерные системы управления качеством для автоматизированных производств: учебник / А. Г. Лютов [и др.]. М.: Машиностроение, 2010. 717 с.