

УДК 004.057.4

М.Ю. Рытов, К.А. Мегаев

## АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В СРЕДЕ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТАЛА

Представлена методика алгоритмизации управления трафиком в среде корпоративного портала на основе аппарата стохастических сетей, отличающаяся от известных тем, что она позволяет находить не только средние значения характеристик алгоритма обмена данными, но и их распределения более высокого порядка.

Ключевые слова: корпоративный портал, обмен данными, GERT-сети, алгоритм, управление трафиком.

При решении проблем, возникающих в процессе создания средств информационного обмена корпоративного портала, возникает потребность в сведениях о более тонких характеристиках алгоритма обмена данными, входящего в состав конкретного протокола, чем те, которые содержатся в математическом ожидании и дисперсии анализируемой случайной величины [1;2]. К этому классу проблем следует отнести:

1) определение хвостов распределения времени доставки информационного массива фиксированной или переменной длины заданного приоритета в сквозном тракте сети «абонент-отправитель – абонент-получатель»;

2) выявление динамических характеристик процесса занятия памяти в элементах корпоративного портала (ЭКП), а также в межсетевых шлюзах;

3) определение характеристик вариаций производительности ЭКП во времени.

Для решения поставленной задачи применяется аппарат GERT - узлов стохастических сетей, рассмотренный в общей трактовке в [3]. В процессе решения вводятся ограничения, обусловленные отсутствием последствия при обработке информационных массивов в ЭКП [4].

**Формализация процессов обмена данными в среде корпоративного портала.** Последовательность действий, возникающих в процессе реализации некоторого ветвящегося алгоритма обмена информацией  $B'$ , представляется, согласно общим принципам стохастических сетей, множеством узлов и ориентированных дуг. Узлы соответствуют дискретным состояниям технических и программных средств, участвующих в реализации данного алгоритма, а дуги – возможным направлениям движения в пространстве дискретных состояний.

В рассматриваемом далее классе задач принимаются следующие условия:

1. Входная функция каждого узла характеризуется тем, что операция узла выполняется, если на любой его вход поступает сигнал только по одной из возможных дуг.

2. Выходные функции узлов классифицируются как детерминированные и вероятностные (соответствующие обозначения узлов с этими функциями приведены на рис. 1). Во втором случае должно выполняться равенство  $\sum_{k'=1}^{Z^0} \overline{w}_{k'} = 1$ , где  $Z^0$  – число дуг, исходящих из узла,  $\overline{w}_{k'}$  – вероятность включения  $k'$ -й дуги.

3. Процессы, связанные с осуществлением операций в отдельных узлах, являются независимыми. Следовательно, сфера применения данной модели не включает алгоритмы, динамика реализации которых описывается сложными цепями Маркова или включает эти цепи в качестве компонентов общего описания.

4. Исследуемые характеристики алгоритма аддитивны.

Условия 1 – 4 позволяют трактовать анализируемые стохастические сети как GERT-сети, а узлы – как GERT-узлы [5]. Общее описание стохастических сетей, отображающих

конкретные алгоритмы обмена информацией, может быть сделано с учетом условий 1 – 3 стандартными методами вероятностных графов.

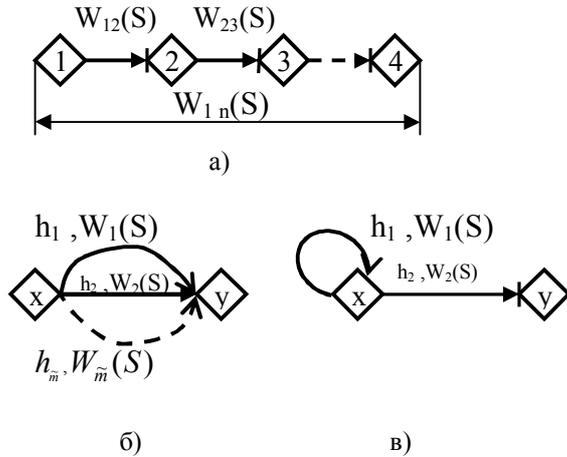


Рис. 1. Выходные функции узлов

Представим алгоритм  $B'$  стохастической сетью  $K^0 (D^0, C^0)$ , которая включает множество  $D^0$  GERT-узлов и  $C^0$  GERT-дуг. Для каждой пары узлов  $x, y \in D^0$  введем условную вероятность (при дискретном распределении) или плотность распределения (при непрерывном распределении)  $f(g_{xy})$  случайной величины  $g_{xy}$ , связанной с исследуемой характеристикой алгоритма. Если узлы  $x, y$  не соединены, то  $f(g_{xy}) = 0$ .

Каждой паре  $x, y \in D^0$  может соответствовать ряд анализируемых  $g_{xy}$ , часть которых задается дискретными, а часть - непрерывными распределениями. Первая ситуация типична, например, для расчета характеристик достоверности, вторая – времени доставки информационного массива. Такое распределение в известной степени условно, поскольку всегда допустим предельный переход от дискретной величины к непрерывной при достаточно большом значении длины информационного массива.

Введем далее совокупность условных производящих функций моментов (ПФМ) случайной величины  $g_{xy}$  с аргументом  $s$ , определяемых как  $M_{xy}(s) = E[e^{sg_{xy}}]$ , где  $E$  – символ усреднения по всем реализациям  $g_{xy}$ . Применительно к первой постановке

$$M_{xy}(s) = \sum_{R_{xy}} e^{sg_{xy}} f(g_{xy}), \tag{1}$$

где  $R_{xy}$  – множество реализаций  $g_{xy}$  при движении по дуге  $(x, y)$ . В простейшем случае одной реализации отвечает непосредственная доставка информационного массива, а другой – доставка после привлечения специальных алгоритмов восстановления, использование которых оказалось необходимым вследствие ошибок и сбоев в контуре, охватываемом алгоритмом.

Применительно ко второй постановке

$$M_{xy}(s) = \int_{G_g^a}^{G_g^b} e^{sg_{xy}} f(g_{xy}) dg_{xy}, \tag{2}$$

где  $[G_g^a, G_g^b]$  – диапазон изменения непрерывной случайной величины.

Независимо от характера  $g_{xy}$  определим совокупность  $W$ -функций

$$W_{xy}(s) = p_{xy} M_{xy}(s), x, y \in D^0, \tag{3}$$

которая заключает в себе полную информацию о всех процессах в стохастической сети, происходящих при прохождении информационного массива по ЭКП. Эта совокупность функций в дальнейшем является основной для нахождения  $W$ -функции стохастической сети в целом, соответствующей сквозному тракту реальной сети, контролируемому данным алгоритмом.

**Определение  $W$ -функции сквозного тракта в среде корпоративного портала.**

Рассматривая вероятностные графы алгоритмов обмена информацией для среды корпоративного портала, выделим наиболее типичные конфигурации фрагментов стохастических сетей, которые удовлетворяют условиям 1 – 4 принадлежности к GERT-сетям.

1. Последовательное соединение  $n-1$  дуг, разделяемых  $n$  GERT-узлами (рис. 1 а). Так

как ПФМ суммы независимых случайных величин равна произведению ПФМ последних, а  $p_{xx+1} = 1$ , то результирующая  $W$ -функция последовательного соединения

$$W_{1n}(s) = \prod_{x=1}^{n-1} W_{xx+1}.$$

Данная структура характеризует алгоритм обмена данными между конечными узлами в среде корпоративного портала.

2. Параллельные ветви (рис. 1 б) с вероятностями включения  $h_1, h_2, \dots, h_m$ . К такой конфигурации приводят следующие черты алгоритмов [6;7]:

–возможность доставки одного и того же информационного массива по параллельным независимым направлениям (например, в многоканальной процедуре передачи кадров HDLC);

–включение процедуры восстановления, которая приводит к тому, что переход из узла  $x$  в узел  $y$  стохастической сети может произойти как в результате движения по основной дуге графа алгоритма, так и вследствие однократного или многократного действия процедуры восстановления (например, повторной синхронизации) при нарушении движения по основной дуге.

Результирующая  $W$ -функция может быть представлена как

$$W_{xy}(s) = \sum_{\tilde{p}=1}^{\tilde{m}} W_{\tilde{p}}(s).$$

3. Петли, ограничивающие возможность достижения соседнего узла (рис. 1 в). Обьективной предпосылкой к введению такой конфигурации является процедура многократной передачи информационного массива, вызванная интенсивными ошибками, воздействующими на область данных и/или поле управления при реализации основной ветви алгоритма, до принятия решения о переходе к процедуре восстановления. Например, петлями характеризуются последовательные попытки передать кадр HDLC при искажении проверочной области или последовательные действия по доставке многопакетного сообщения в среде обмена данными [6].

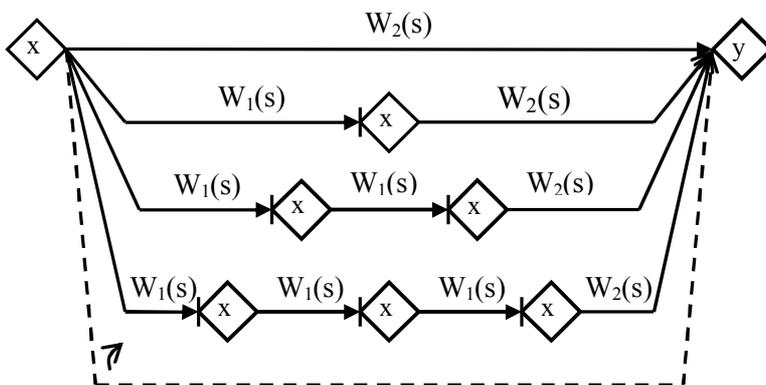


Рис. 2. Сеть, не содержащая циклов

Если число последовательных передач информационного массива достаточно велико, стохастическая сеть (рис. 1 в) преобразуется в сеть, не содержащую циклов (рис. 2).

В этой сети каждая параллельная ветвь отображает многошаговый процесс с дискретными состояниями, включающий определенное число движений по петле и последнее движение по дуге  $(x, y)$ . Результирующую  $W$ -функцию сети с петлями найдем, применив по отношению к структуре на рис. 2 правила вычисления  $W$ -

функций при последовательном и параллельном соединении дуг:

$$W_{xy}(s) = W_2(s) + W_2(s) \sum_{i=1}^{\infty} [W_1(s)]^i \frac{W_2(s)}{1 - W_1(s)}.$$

В случае ограничения числа повторных передач массива некоторым значением  $L_a$  стохастическая сеть (рис. 1 в) уже неправомерна. Адекватный алгоритм отображается сетью, содержащей  $L_a + 1$  параллельных ветвей (рис.2), для которой

$$W_{xy}^{L_a}(s) = W_2(s) + W_2(s) \sum_{i=1}^{L_a} [W_1(s)]^i.$$

Следовательно, во всех рассмотренных случаях стохастические сети, описывающие реальные алгоритмы, преобразуются к эквивалентной простейшей стохастической сети, включающей пару GERT-узлов и направленную дугу между ними. Полная информация о ветвях алгоритма с точки зрения исследуемой характеристики, связанной с совокупностью случайных величин  $g_{xy}$ , содержится в результирующей W-функции, однако она еще не предоставляет возможности находить явным образом моменты распределения анализируемой характеристики алгоритма, поскольку из нее нельзя пока выделить ПФМ эквивалентной сети. Рассмотрим способ такого выделения на базе общего топологического уравнения.

Условие существования замкнутого потокового графа выполняется, так как нет ни одной дуги, которая не входила бы в какую-либо петлю. Прием введения дополнительной направленной дуги, охватывающей все дуги и узлы стохастической сети, представляется общим при анализе алгоритмов обмена информацией, так как порождаемые ими стохастические сети в принципе являются разомкнутыми. Этот фактор обусловлен тем обстоятельством, что некоторый конечный узел стохастической сети, соответствующий завершению обработки заданного информационного массива, не может быть связан дугой с исходным узлом. Здесь очевидна аналогия с поглощающими состояниями цепей Маркова.

**Формирование общих топологических уравнений.** Предположим, что для каждой дуги известна W-функция, полученная путем применения уравнений (1 – 3). На основании уравнения (3) результирующая W-функция применительно к любой из петель порядка 1 есть произведение W-функций последовательных дуг. Рассматривая модифицированную стохастическую сеть (рис.3) как петлю порядка 1, состоящую из двух петель с W-функциями  $W^0(s)$  (полная разомкнутая стохастическая сеть) и  $W^*(s)$ , найдем W - функцию:

$$\tilde{W}(s) = W^0(s)W^*(s).$$

Так как произвольная петля порядка  $r$  состоит из  $r$  изолированных друг от друга петель порядка 1, каждая из которых является замкнутым соединением ряда узлов и дуг, то результирующая W-функция этой петли, которой присвоим номер  $\delta$  в множестве  $\{U_r\}$  всех петель порядка  $r$ , есть

$$W(r, \delta) = \prod_{f=1}^r \prod_{v^0=1}^{\alpha_f} W_{\delta, r, v^0}^f(s). \tag{4}$$

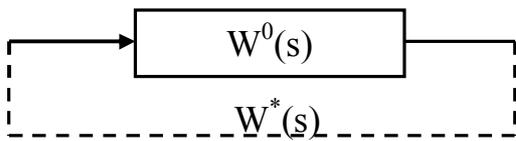


Рис. 3. Модифицированная стохастическая сеть

Здесь  $W_{\delta, r, v^0}^f(s)$  составляет W-функцию дуги с номером  $v^0$ , принадлежащую петле порядка 1, которая, в свою очередь, является  $f$ -й изолированной петлей рассматриваемой петли порядка  $r$  с номером  $\delta$ . При этом анализируемая петля порядка 1

состоит из  $\alpha_f$  последовательных дуг.

Топологическое уравнение применительно к постановке данной задачи формулируется следующим образом:

$$1 - \sum_{\delta=1}^{U_1} W(1, \delta) + \sum_{\delta=1}^{U_2} W(2, \delta) - \sum_{\delta=1}^{U_3} W(3, \delta) + \dots + (-1)^{l^0} \sum_{\delta=1}^{U_{l^0}} W(l, \delta) = 0, \tag{5}$$

где  $l^0$  – максимальный порядок петли, которая может быть выделена из замкнутого потокового графа, отображающего реальный алгоритм обмена информацией.

Уравнение (5) связывает между собой W-функции отдельных дуг. Каждая из функ-

ций включает, согласно (2), сведения о вероятности движения по дуге в соответствии с ветвью алгоритма обмена информацией и частную ПФМ анализируемой характеристики при данном направлении движения.

Наибольший интерес с точки зрения практического приложения имеет интерпретация топологического уравнения по отношению к общей структуре на рис. 3. В этой структуре, к которой сводится любой алгоритм, принадлежащий произвольному уровню архитектуры открытых систем, рассматривается только одна петля порядка 1. Уравнение (5) вырождается в уравнение

$$1 - W^0(s)W^*(s) = 0, \quad (6)$$

откуда W-функция дополнительной дуги явным образом вычисляется через W-функцию полной разомкнутой стохастической сети:

$$W^*(s) = \frac{1}{W^0(s)}.$$

С другой стороны, как и всякую W-функцию,  $W^0(s)$  можно представить в форме произведения:

$$W^0(s) = \tilde{q}M^0(s)$$

где  $M^0(s)$  есть ПФМ анализируемой характеристики алгоритма уже не на отдельных дугах, а применительно ко всему множеству дуг и узлов, соответствующему сквозному тракту обмена информацией в рамках алгоритма, а  $\tilde{q}$  – некоторый неизвестный коэффициент.

На основании общего тождества  $M(s) = 1$  при  $s = 0$ , иллюстрируемого уравнениями (1) и (2), найдем значение коэффициента  $\tilde{q} = W^0(0)$ , откуда следует искомая ПФМ характеристики алгоритма:

$$M^0(s) = \frac{V^0(s)}{V^0(0)}.$$

Любой j-й начальный момент  $\mu_j$  характеристики алгоритма определяется путем взятия j-й частной производной  $M^0(s)$  по s, т. е.

$$\mu_j^0 = \frac{\partial^j M^0(s)}{\partial s^j} = \frac{1}{W^0(0)} \frac{\partial}{\partial s^j} W^0(s). \quad (7)$$

**Алгоритм вычисления характеристик обмена данными.** Имея в виду все этапы вычисления  $\mu_j$ , сформулируем следующую последовательность действий:

1. Выяснение возможности представления алгоритма обмена информацией стохастической сетью, включающей дуги и GERT-узлы (при отсутствии последствия), и выполнение этой операции в случае положительного решения.

2. Определение для каждой дуги (x, y) реализаций анализируемой характеристики алгоритма, задаваемых случайными величинами  $g_{xy}$ .

3. Нахождение пар сомножителей  $p_{xy}$  и  $M_{xy}(s)$  и далее вычисление множества функций  $W_{xy}(s)$  по формулам (1 – 3).

4. Превращение реальной стохастической сети, отображающей алгоритм, в эквивалентную сеть, состоящую из одной дуги и пары узлов и имеющую ту же W-функцию, с использованием преобразований типа «последовательное соединение», «параллельные ветви», «петля».

5. Превращение разомкнутой стохастической сети в замкнутый потоковый граф путем введения дополнительной дуги с функцией  $W^*(s)$ .

6. Выявление в замкнутом потоковом графе всех петель порядка 1.

7. Нахождение всех петель порядка  $2 \leq r \leq l^0$  способом последовательного перечисления r изолированных петель порядка 1.

8. Вычисление на основании уравнения (4) W-функций всех полученных петель порядка  $r = 1 \dots l^0$  исходя из значений  $W_{xy}(s)$ , найденных в процессе выполнения действия 1.

9. Формирование общего топологического уравнения (5) и его решение относительно неизвестной  $W^0(s)$  с учетом уравнения (6). При этом  $W$ -функция дополнительной дуги  $W^*(s) = \frac{1}{W^0(s)}$  входит в состав по крайней мере одной петли порядка  $r$ .

10. Вычисление моментов  $\mu_j$  распределения характеристики алгоритма обмена информацией согласно уравнению (7).

Функция распределения (ФР) характеристики алгоритма может быть сформирована из ряда моментов  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{\tilde{\alpha}}$ , число которых определяется заданной точностью представления ФР, согласно стандартным процедурам конструктивной теории функций. Рассмотренная процедура не исключает анализа алгоритма обмена информацией, если он содержит отдельные независимые ветви и ряд соответствующих поглощающих состояний в случае его представления цепью Маркова. Найденные таким образом моменты  $\mu^0_{j|\tilde{\gamma}}$  задают условное распределение анализируемой характеристики алгоритма при условии, что стоком является узел  $c_{\tilde{\gamma}}$  ( $\tilde{\gamma} = 1 \dots \tilde{\nu}$ ). Подобная ситуация типична для анализа характеристик помехоустойчивости (достоверности) передачи информационных массивов, когда обнаруживаемые ошибки, потери и вставки массивов возможны вследствие независимых причин в среде корпоративного портала, что приводит к появлению ветвей алгоритма, каждая из которых связана с определенной реализацией анализируемой характеристики [8;9].

Изложенная методика не требует аналитического представления характеристики любого алгоритма корпоративного портала для каждой дуги стохастической сети и допускает возможность задания дуги парой признаков  $p_{xy}$  и  $M_{xy}(s)$ , что способствует формализации общей вычислительной процедуры. Так как основное топологическое уравнение (5) является линейным, то наибольших затрат вычислительных ресурсов требует не его решение, а логические операции выявления в замкнутом потоковом графе петель порядка  $r$  и нахождение  $W$ -функций петель.

Внедрение корпоративных порталов и принципиальное улучшение технико-экономических и эксплуатационных характеристик их информационной среды возможно только на базе применения комплекса протоколов, ориентированных на организацию независимых служб информационного обмена. Вместе с тем специфика интеграции служб информационного обмена приводит к необходимости регламентации других понятий, выходящих за рамки указанных моделей. К ним относятся точки доступа пользователей к корпоративному portalу, службы передачи информации, типы соединений корпоративного портала. Соответственно возникает потребность в привлечении и более тонких методов исследования алгоритмов обмена данными, сопряженных с активным применением вычислительных алгоритмов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корпоративные порталы: определение, история развития, цели и средства.- <http://otherreferats.allbest.ru/marketing/c00175610.html>
2. Шибанов, А.П. Нахождение плотности распределения времени исполнения GERT-сети на основе эквивалентных упрощающих преобразований/ А.П. Шибанов //Автоматика и телемеханика.- 2003.- № 2.- С. 117-126.
3. Еременко, В.Т. Математическое моделирование процессов информационного обмена в распределенных управляющих системах : монография / В.Т. Еременко; под общ. ред. И.С.Константинова. – М.: Машиностроение – 1, 2004. – 224 с.
4. Еременко, В.Т. Основное содержание теории функциональной стандартизации протоколов безопасности и принципы ее разработки/ В.Т. Еременко // Телекоммуникации./ – 2003. – № 6. – С. 34 – 38.
5. Еременко, В.Т. Концепция обнаружения и коррекции логических ошибок в реализациях профилей протоколов безопасности/В.Т.Еременко // Телекоммуникации – 2003. – № 8. – С. 30 – 35.

6. Еременко, В.Т. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / В. Т. Еременко, С.И. Афонин, Т. М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д. А. Плященко // Информационные системы и технологии. – 2011.- № 6. – С. 35 – 42.
7. Еременко, В.Т. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов / В. Т. Еременко, С.И. Афонин, Л.В. Кузьмина [и др.] // Информационные системы и технологии. – 2012. № 1. – С.78 – 84.
8. Еременко, В.Т. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией / В. Т. Еременко, А.И. Офицеров, С. А. Черепков // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2012.- № 4. – С. 38 – 46.
9. Еременко, В.Т. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии. –2013. – № 1. – С. 106-112.

Материал поступил в редколлегию 26.11.14.