



# **ИТММ · 2009**

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

**ЧАСТЬ 1**

Томский государственный университет  
Кемеровский государственный университет  
Кемеровский научный центр СО РАН  
Институт вычислительных технологий СО РАН  
Филиал Кемеровского государственного университета  
в г. Анжеро-Судженске

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(ИТММ-2009)**

**Материалы VIII Всероссийской  
научно-практической конференции  
с международным участием  
12–13 ноября 2009 г.  
Часть 1**

Издательство Томского университета  
2009

УДК 519

ББК 22.17

И74

Редколлегия:

*А. Ф. Тертугов*, д-р физ.-мат. наук, профессор;

*Р. Т. Якупов*, д-р физ.-мат. наук, профессор;

*И. Р. Гарайшина*, канд. физ.-мат. наук, доцент;

*А. С. Шкуркин*, канд. техн. наук, доцент

**Информационные технологии и математическое моделирование**  
И74 (ИТММ-2009): Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (13–14 ноября 2009 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 1. – 332 с.

ISBN 978-5-7511-1929-4

В часть 1 вошли материалы секций «Вероятностные методы и модели», «Информационные технологии» и «Экономико-математические модели».

Для специалистов в области информационных технологий и математического моделирования.

**УДК 519**

**ББК 22.17**

*Конференция проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-07-06061-г)*

ISBN 978-5-7511-1929-4 © Томский государственный университет, 2009  
© Кемеровский государственный университет, 2009  
© Кемеровский научный центр СО РАН, 2009  
© Институт вычислительных технологий СО РАН, 2009  
© Филiaal Кемеровского государственного университета в г. Анжеро-Судженске, 2009

## О ВЫБОРЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СКВОЗНОГО ТАЙМ-АУТА ТРАНСПОРТНОГО ПРОТОКОЛА

*С. В. Биматов, С. П. Сущенко*

*Томский государственный университет*

Время доставки пользовательских данных от отправителя к адресату в информационной сети во многом зависит от эффективного выбора значений параметров транспортного протокола. Важную роль среди них играет длительность сквозного тайм-аута ожидания отправителем сквозной квитанции от получателя передаваемых данных.

В работе, представленной данным сообщением, сделана попытка разработать модель многозвенного тракта передачи данных для исследования влияния длительности сквозного тайм-аута на среднюю задержку и предложены рекомендации по выбору эффективной длительности сквозного тайм-аута.

Рассмотрим дискретную модель многозвенного тракта передачи данных, состоящего из  $D$  участков переприема с одинаковым быстродействием в транзитных узлах. Для учета бокового трафика введем также случайные очереди пакетов данных в транзитных узлах, размеры которых распределены по усеченному геометрическому распределению:

$$p_d(n) = p_d(0)q_d^n, \quad p_d(0) = \frac{1 - q_d}{1 - q_d^{N_d + 1}}, \quad (1)$$
$$n = \overline{0, N_d}, \quad d = \overline{1, D}, \quad q_d \in [0, \infty).$$

Здесь  $N_d$  – объем буферного накопителя  $d$ -го транзитного узла;  $q_d$  – параметр распределения длины очереди к выходному каналу маршрута в  $d$ -м узле. Усеченное геометрическое распределение охватывает достаточно широкий класс распределений: при  $q = 0$  вся вероятностная масса данного распределения сосредоточена в начальном значении  $p_d(0) = 1$  (очередь нулевого размера), при  $q = \infty$  – в конечном значении  $p_d(N_d) = 1$  (буферное пространство заполнено полностью), при  $q = 1$  получаем равномерное распределение длин очередей в узлах  $p_d(n) = \frac{1}{N_d + 1}$ ,  $n = \overline{0, N_d}$ .

Будем считать, что передача данных в тракте управляется стартопным протоколом и на передачу данных выделяется тайм-аут длительностью  $S \geq D$  интервалов времени  $t$ , где  $t$  – время переноса пакета по одному участку переприема.

В реальных условиях при передаче пакета по многозвенному тракту может происходить потеря пакета или квитанции. Для обнаружения такой ситуации и был введен тайм-аут на ожидание квитанции от получателя. Для обеспечения низкой задержки необходимо выбрать такой тайм-аут, который, с одной стороны, обеспечивал бы ожидание получения квитанции, а с другой – был достаточно мал, чтобы сократить бесполезное ожидание в случае потери пакета. Сложность выбора тайм-аута заключается в

отсутствии аналитических выражений для вычисления минимального эффективного тайм-аута. Исследуемая модель детерминированного многозвонного тракта исключает потерю пакета, но дает возможность разработать рекомендации для выбора малого значения тайм-аута, обеспечивающего низкую среднюю задержку на основе полученных аналитических соотношений.

Исходя из цели найти минимальный эффективный тайм-аут, рассмотрим функцию средней сквозной задержки  $\bar{T}(S, D)$  в многозвонном тракте длиной  $D$  при длительности тайм-аута  $S$ . Предполагая, что при неполучении квитанции за время тайм-аута отправитель передает данные повторно, а число повторных передач неограниченно, можно записать:

$$\bar{T}(S, D) = \sum_{i=1}^{\infty} [(i-1)S + \bar{N}_D(S)] (1 - F_D(S))^{i-1} F_D(S) = \bar{N}_D(S) + \frac{S(1 - F_D(S))}{F_D(S)}, \quad (2)$$

где  $F_D(S)$  – функция распределения вероятности передачи пакета по тракту длины  $D$  ровно за  $S$  интервалов длительности  $t$ ;  $\bar{N}_D(S)$  – условное среднее получения подтверждения отправителем за заданное время тайм-аута  $S$ .

Чтобы записать  $F_D(S)$  и  $\bar{N}_D(S)$ , рассмотрим функцию вероятности  $f_D(k)$  передачи пакета по тракту длины  $D$  ровно за  $k \geq D$  интервалов времени  $t$  при условии, что размер буфера в  $d$ -м узле равен  $N_d$ , а вероятность застать очередь длины  $n$  в узле  $d$  равна  $p_d(n) = p_d(0)q_d^n$ . Для этого рассмотрим процесс передачи пакета по исследуемому многозвонному тракту. В условиях предлагаемой модели время передачи пакета будет складываться из времени передачи по межузловым каналам и времени ожидания в очереди транзитных узлов. Поэтому общее время доведения пакета до адресата по многозвонному тракту длиной  $D$  можно записать следующим образом:  $k = D + \sum_{d=1}^D n_d$ , следовательно, суммарное время ожи-

дания в очередях будет равно:  $\sum_{d=1}^D n_d = k - D$ . Тогда вероятность сквозной передачи пакета по многозвонному тракту длиной  $D$  ровно за  $k \geq D$  интервалов времени есть вероятность  $p_{\text{сумм}}(k-D)$  застать суммарную очередь во всех транзитных узлах длиной  $k - D$ , а именно:

$$f_{D, \text{сумм}}(k) = p(k - D), \quad k = D, D + \sum_{d=1}^D N_d.$$

Чтобы получить вероятность  $p_{\text{сумм}}(k-D)$  нужно сложить вероятности всех возможных случаев сочетаний длин очередей, сумма которых даст ровно  $k - D$ . Итого получим:

$$f_D(k) = p_{\text{сумм}}(k - D) = \sum_{i_1=N_{\text{сум}}}^{N_{\text{сум}}} p_1(i_1) \cdot \dots \cdot \sum_{i_{D-1}=N_{\text{сум}}-i_1}^{N_{\text{сум}}-i_1} p_{D-1}(i_{D-1}) p_D(k - D - \sum_{d=1}^{D-1} i_d), \quad (3)$$

где пределы суммирования удовлетворяют условию  $0 \leq N_{\min_d} \leq N_{\max_d} \leq N_d$ ,  $d = \overline{1, D}$  и выбираются таким образом, чтобы они охватили все варианты сочетаний индексов суммирования  $i_d$ ,  $d = \overline{1, D}$ , обеспечивающих достиженность адресата точно за время  $k$ .

Теперь можно записать выражения для функции распределения  $F_D(S)$  и условного среднего  $\overline{N}_D(S)$ :

$$F_D(S) = \sum_{k=D}^S f_D(k), \quad (4)$$

$$\overline{N}_D(S) = \frac{1}{F_D(S)} \sum_{k=D}^S k \cdot f_D(k), \quad (5)$$

Пусть  $D = 2$ , тогда функция вероятности  $f_D(k)$  примет вид

$$f_{D=2}(k) = \sum_{i=\min(0, k-D-N_2)}^{\max(k-D, N_1)} p_1(i) \cdot p_2(k-D-i). \quad (6)$$

Рассмотрим для удобства частный случай, когда  $N_1 = N_2 = N$  и  $q_1 = q_2 = q$ . Для удобства разобьем функцию (6) на две составляющих, разделив область значений  $k$  на промежутки:

Теперь используя (1) и (10), получим

$$f_{D=2}(k) = \begin{cases} f^1_{D=2}(k), & k = \overline{D, D+N} \\ f^2_{D=2}(k), & k = \overline{D+N+1, D+2N} \end{cases}, \quad (7)$$

$$f^1_{D=2}(k) = \prod_{d=1}^D \frac{1-q}{1-q^{N+1}} q^{k-D} (k-D+1), \quad (8)$$

$$f^2_{D=2}(k) = \prod_{d=1}^D \frac{1-q}{1-q^{N+1}} q^{k-D} (2N+D+1-k), \quad (9)$$

Так как (7) имеет разное представление для разных  $k$ , то при подстановке в (4) получим следующее выражение для функции распределения  $F_D(S)$  при  $D = 2$ :

$$F_{D=2}(S) = \sum_{k=D}^{\min(S, D+N)} f^1_{D=2}(k) + \sum_{k=D+N+1}^{\min(S, D+2N)} f^2_{D=2}(k). \quad (10)$$

Соответственно для условного среднего  $\overline{N}_D(S)$ :

$$\overline{N}_{D=2}(S) = \frac{1}{F_{D=2}(S)} \left[ \sum_{k=D}^{\min(S, D+N)} k \cdot f^1_{D=2}(k) + \sum_{k=D+N+1}^{\min(S, D+2N)} k \cdot f^2_{D=2}(k) \right]. \quad (11)$$

В итоге на основе полученных соотношений и (2) можно вычислять значения средней задержки  $\overline{T}(S, D)$ .

Так как мы исследуем детерминированный многозвенный тракт, то значение минимальной средней задержки  $\overline{T}(S, D)$  будет гарантированно достигаться при  $S = S_{\max} = D + \sum_{d=1}^D N_d$ . При этом значения, близкие к минимуму  $\overline{T}(S, D)$ , могут достигаться при меньшей длительности тайм-аута  $S$ .

В реальных каналах происходят потери пакетов, поэтому важно найти длительность тайма-аута  $S$ , обеспечивающую наименьшее значение  $\bar{T}(S, D)$  в нашей модели. Попробуем выяснить это для различных значений параметров  $q$  и  $N$  для тракта длиной  $D = 2$ .

Рассмотрим поведение средней задержки  $\bar{T}(S, D)$  при длине тракта  $D = 2$  для частного случая  $N_1 = N_2$  и  $q_1 = q_2$ .

1. Сравним значения  $\bar{T}(S, D)$  при  $N = 100$  для  $S_{\min} = D$ ,  $S_{\max} = D + \sum_{d=1}^D N$ ,  $S_{mid} = \frac{S_{\min} + S_{\max}}{2}$  от параметра  $q = [0.1; 0.9]$  и  $q = [1.1; 1.9]$ .

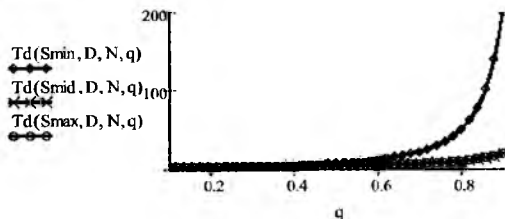


Рис. 1

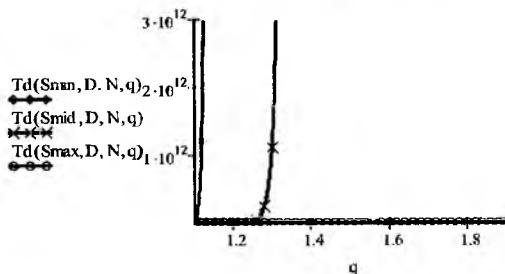


Рис. 2

На основе графиков на рис. 1 и 2 мы можем сделать следующие выводы:  $\bar{T}(S, D)$  монотонно возрастает с ростом параметра распределения очередей  $q$ : действительно, увеличение заполненности буферов в транзитных узлах должно приводить к росту задержки. Сравнивая  $\bar{T}(S_{mid}, D)$  и  $\bar{T}(S_{\max}, D)$ , видно, что при  $q < 1$  значения средней задержки практически совпадают, что говорит о возможности использования тайм-аута, много меньшего  $S_{\max}$ . С другой стороны, при  $q > 1$   $\bar{T}(S_{mid}, D)$  значительно превышает  $\bar{T}(S_{\max}, D)$ , что свидетельствует о том, что в этом случае следует выбирать тайм-аут, близкий к  $S_{\max}$ .

2. Теперь рассмотрим, как ведет себя средняя задержка при изменении длины буфера.

Пусть  $q_1 = 0.5$ ,  $q_2 = 0.9$ ,  $q_3 = 1.5$ , а объем буфера меняется на промежутке  $N = [N \min; N \max]$ , где  $N \min = 1$  и  $N \max = 100$ . Будем сравнивать поведение графиков средней задержки для  $S_2 = S_{\max}$ ,  $S_3 = S_{mid}$ ,  $S_4 = 15D$ , где  $S_4 = 15D$  – это некая эмпирическая оценка рационального тайм-аута.

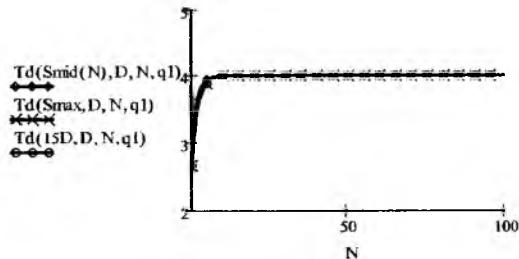


Рис. 3

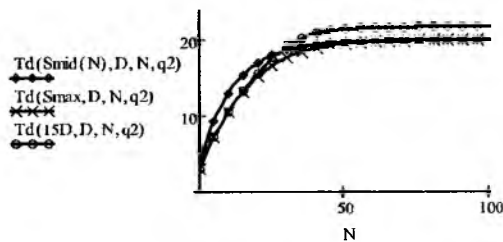


Рис. 4

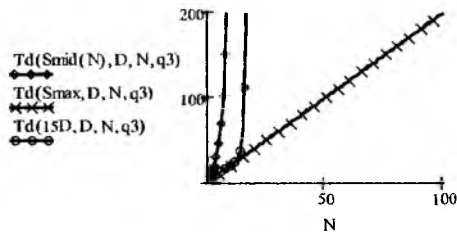


Рис. 5

На основе приведенных графиков (рис. 3–5) можно сделать следующие выводы:  $\bar{T}(S, D)$  монотонно возрастает с ростом объема буферов  $N$ : действительно, увеличение объема буферов в транзитных узлах должно приводить к росту задержки.

При  $q = 0.5$  все три графика очень близки к друг другу и уже при  $N \geq 20$  достигают асимптоты. При  $q = 0.9$  расстояние между графиками становится заметным, но еще достаточно мало, а асимптота достигается



при  $N \geq 70$ , поэтому для  $q \leq 0.9$  стоит выбирать тайм-аут  $S = 15D$ . А при  $q = 1.5$  только  $S = S_{\max}$  обеспечивает минимальную задержку.

В итоге можно сделать вывод, что для частного случая  $N_1 = N_2 = N$  и  $q_1 = q_2 = q$  при  $q \leq 0.9$  стоит выбирать тайм-аут  $S = 15D$ , а для  $q > 1$  – близкий к  $S = S_{\max}$ .

## **РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА КЕМГУ**

*З. В. Богомолова, А. М. Гудов, С. Ю. Завозкин  
Кемеровский государственный университет*

На данный момент не существует единого универсального решения проблем, вызываемых существованием на предприятиях большого числа разрозненных информационных систем (ИС). В КемГУ для решения задачи объединения существующих информационных систем в единое информационное пространство был разработан комплексный подход, включающий, с одной стороны, объединение информационно-ориентированного, сервисно-ориентированного и процессно-ориентированного принципов интеграции, а с другой – порталных технологий.

Одним из наиболее сложных в реализации, но, с другой стороны, позволяющих добиться наибольшей эффективности, является процессно-ориентированный принцип интеграции. Для реализации данного принципа разрабатывается система управления бизнес-процессами (СУБП), являющаяся надстройкой разработанной в КемГУ системы электронного документооборота (СЭД). Основная задача СЭД – обеспечение информационно-ориентированного и сервисно-ориентированного принципов интеграции, а также автоматизация управления электронными документами [1, 2].

Анализ предметной области показал, что для решения представленных задач необходима система, обеспечивающая автоматизацию управления электронными документами и бизнес-процессами. Для этого был проанализирован стандарт ИСО серии 9000 и в соответствии с полученными результатами проведен обзор наиболее используемых в России СЭД: Босс-Референт, Дело, Евфрат-документооборот, Летограф, Мотив, Directum, DocsVision, Globus, LanDocs, Optima-Workflow, Paydox.

Результаты обзора показали, что не существует системы, удовлетворяющей всем определенным критериям, обосновали актуальность разработки СУБП КемГУ и позволили определить список требований, которым должна удовлетворять разрабатываемая система:

- совместимость со стандартами описания бизнес-процессов (ISO 9001:2000) и с методологией IDEF3.
- создание, редактирование, удаление бизнес-процессов и шаблонов бизнес-процессов;