



# **ИТММ - 2010**

**«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-2010)**

**Материалы IX Всероссийской  
научно-практической конференции  
с международным участием  
19–20 ноября 2010 г.  
Часть 1**

Издательство Томского университета  
2010

УДК 519  
ББК 22.17  
И74

Редколлегия:

*И. Р. Гарайшина*, канд. физ.-мат. наук, доцент (отв. ред.);

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

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

**Информационные технологии и математическое моделирование**  
И74 (ИТММ-2010): Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (19–20 ноября 2010 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – Ч. 1. – 172 с.

ISBN 978–5–7511–1948–5

В часть 1 вошли материалы секций «Вероятностные методы и модели», 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 № 10–07–06095-з)*

ISBN 978–5–7511–1948–5

© Томский государственный университет, 2010  
© Кемеровский государственный университет, 2010  
© Кемеровский научный центр СО РАН, 2010  
© Институт вычислительных технологий СО РАН, 2010  
© Филиал Кемеровского государственного университета в г. Анжеро-Судженске, 2010

# ВЫБОР РАЗМЕРА ОКНА ПЕРЕДАЧИ И ТАЙМ-АУТА ОЖИДАНИЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОЦЕДУРЫ ПРОТОКОЛА ТРАНСПОРТНОГО УРОВНЯ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ РЕЖИМЕ ОТКАЗА В МНОГОЗВЕННОМ ТРАКТЕ

*В. В. Кокшенёв, С. П. Сущенко*  
*Томский государственный университет*

Важным показателем быстродействия протокола транспортного уровня является пропускная способность, используемая межузловым соединением. На пропускную способность оказывают влияние как состояние сети, так и реализация механизмов решающей обратной связи, заложенных в управляющую процедуру протокола транспортного уровня. К параметрам, описывающим состояние сети, относятся:

- $D$  – длина многозвенного тракта передачи от источника к адресату;
- $R_n$  – вероятность искажения сегмента в прямом направлении передачи многозвенного тракта;
- $R_o$  – вероятность искажения сегмента в обратном направлении передачи многозвенного тракта.

К параметрам, определяющим поведение механизмов решающей обратной связи, относятся размер окна передачи  $\omega$  и величина тайм-аута ожидания подтверждения  $S$  ( $S \geq \omega$ ). Согласно исследованиям и выводам, опубликованным в [1–3], неудачный выбор данных параметров приводит к существенному снижению коэффициента используемой полосы пропускания и значительному повышению нагрузки на сеть.

В [4] предложена модель селективной процедуры управления звеном передачи данных в виде марковской цепи с дискретным временем, учитывающая влияние длительности тайм-аута ожидания подтверждения  $S$  и размера окна  $\omega$  на пропускную способность многозвенного межузлового транспортного соединения. На основании результатов [4] предложена схема вычисления оптимальных значений  $\omega$  и  $S$ , исходя из анализа достигнутого коэффициента использования полосы пропускания.

Согласно [4], для однородной цепи Маркова, описывающей динамику очереди переданных, но не подтвержденных сегментов в установившемся режиме для селективной процедуры отказа, коэффициент использования полосы пропускания  $Z_C$  имеет следующий вид:

$$Z_C(\omega, S, D) = \frac{(1 - R_n)(1 - R_o^\omega - \omega R_o^{S-2D+1}(1 - R_o))}{1 + R_o^{\omega-2D+1} - R_o^\omega - R_o^{S-2D+1}}.$$

Функция  $Z_C$  является монотонно возрастающей с ростом размера окна и тайм-аута ожидания подтверждения, поэтому теоретический максимум

коэффициента использования полосы пропускания достигается при бесконечных  $\omega$  и  $S$ :

$$Z_C(\infty, \infty, D) = 1 - R_n.$$

Ввиду условий моделирования, допущенных в [4], система не учитывает возможность существования очередей в транзитных узлах, а также возможность асимметричной маршрутизации в сети, поэтому использование бесконечно больших размеров  $\omega$  и  $S$  в реальных системах невозможно. Поэтому рациональное значение размера окна  $\omega_o$  предлагается найти из условия

$$Z_C(\omega_o, \infty, D) = x Z_C(\infty, \infty, D),$$

где  $x$  – уровень достигнутой полосы пропускания относительно теоретического максимума,  $x \in [0, 1)$ . А рациональное значение тайм-аута ожидания подтверждения  $S_o$  находить из условия

$$Z_C(\omega_o, S_o, D) = y Z_C(\omega_o, \infty, D),$$

где  $y$  – уровень достигнутой полосы пропускания относительно теоретического максимума при заданном оптимальном значении  $\omega_o$ ,  $y \in [0, 1)$ .

Используя предложенные условия, а также учитывая целочисленную природу параметров, находим  $\omega_o$  и  $S_o$ :

$$\omega_o = \left\lceil \frac{\ln(1-x) - \ln(x + (1-x)R_o^{2D-1})}{\ln(R_o)} \right\rceil + 2D - 1,$$

$$S_o = \left\lceil \frac{\ln(1 - R_o^{\omega_o}) + \ln(1-y) - \ln[\omega_o(1 - R_o) - y \frac{(1 - R_o^{\omega_o})}{(1 + R_o^{\omega_o - 2D + 1} - R_o^{\omega_o})}]}{\ln(R_o)} \right\rceil + 2D - 1,$$

где  $\lceil \dots \rceil$  означает округление до большего целого.

В таблице приведены значения  $\omega_o$  и  $S_o$  при  $x = y = 0,9$  для разных вероятностей искажения в обратном направлении передачи и для широкого спектра длин многозвенного тракта. Требуемый уровень использования полосы пропускания для различных условий в сети достигается уже при  $\omega_o = 2D + 1$  и  $S_o = 2D + 4$ . Это объясняется отсутствием в данной модели «бокового» трафика, выражающегося наличием очередей в транзитных узлах тракта. Следовательно, если подтверждение на сегмент не пришло вовремя (через  $2D$  итераций), нет необходимости его ждать долго, т. к. сегмент скорее всего был искажен при передаче. Время ожидания подтверждения выбирается исходя из надежности обратного канала связи.

Значения  $\omega_0$  и  $S_0$  для  $x = y = 0,9$  при разных условиях в сети

$R_0$	$D$	$\omega_0$	$S_0$
0,1	1	2	2
	3	6	7
	5	10	11
	10	20	22
0,2	1	3	3
	3	7	8
	5	11	12
	10	21	23
0,3	1	3	4
	3	7	9
	5	11	13
	10	21	24

На основании полученных данных, учитывая результаты [5], можно утверждать, что для ненагруженных сетей, имеющих каналы связи с высоким уровнем искажений, использование традиционного “backoff” алгоритма нахождения тайм-аута ожидания подтверждения, описанного в [3,6], ведет к значительному снижению коэффициента использования полосы пропускания и росту непроизводительных простоев управляющей процедуры. Высокий уровень использования полосы пропускания для различных условий в сети может быть достигнут уже при  $\omega_0 = 2D + 1$  и  $S_0 = 2D + 4$ . В дальнейших исследованиях для расширения диапазона применимости предложенного метода необходимо учесть наличие очередей в транзитных узлах при моделировании.

#### Литература

1. David D. Clark. Window and Acknowledgement Strategy in TCP, RFC 813, MIT Laboratory for Computer Science, Computer Systems and Communications Group, July, 1982.
2. Nagle J. Congestion Control in IP/TCP Internetworks, RFC 896, FACC, January 1984.
3. Jacobson V. Congestion Avoidance and Control, SIGCOMM '88, Stanford, CA., August 1988.
4. Кокшенёв В. В. Пропускная способность селективного режима отказа протокола транспортного уровня в многозвенном тракте // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2008): Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (14–15 ноября 2008 г.). Ч. 2. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008.
5. Кокшенёв В. В. Анализ времени простоя управляющей процедуры протокола транспортного уровня при селективном режиме отказа в многозвенном тракте // Научное творчество молодежи: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции (15–16 апреля 2010 г.). Ч. 1. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010.
6. Postel J. Transmission Control Protocol – DARPA Internet Program Protocol Specification, RFC 793, DARPA, September 1981.