

В. В. Кокшенев, С. П. Сущенко (Томск, ТГУ). **Оптимизация параметров транспортного протокола.**

Целью работы, представленной данным сообщением, является разработка метода выбора параметров протокола транспортного уровня, обеспечивающего снижение времени простоя отправителя информационного потока и сокращение количества повторных передач, обусловленных неполучением сквозной квитанции. Управляемыми величинами в данном случае являются размер окна $W \geq 1$ и длительность тайм-аута ожидания подтверждения S . Очевидно, что длительность тайм-аута должна удовлетворять неравенствам $S \geq W$ и $S \geq 2D$. Считается, что источник имеет неограниченный поток сегментов одинаковой длины. Предполагается, что каналы междуузловых соединений обладают одинаковыми быстродействием и надежностью. Сегмент считается принятым, если он не был искажен ни в одном транзитном канале связи и на него было получено подтверждение. Тракт передачи имеет длину $D \geq 1$, выраженную в количестве участков преприема (хопов) от источника до адресата. Динамика очереди неподтвержденных сегментов на узле-источнике для режимов селективного и группового отказа протокола транспортного уровня описывается цепью Маркова с числом состояний, равным S . Переходные вероятности цепи Маркова, формализующей управляющую процедуру транспортного протокола в режиме селективного отказа, задаются следующими зависимостями:

$$\pi_{ij} = \begin{cases} 1, & i = 0, \dots, 2D - 2, \quad j = i + 1, \\ C_i^{i-(2D-1)} R^{i-(2D-1)} (1-R)^{2D}, & i = 2D - 1, \dots, W - 1, \quad j = i, \\ 1 - C_i^{i-(2D-1)} R^{i-(2D-1)} (1-R)^{2D}, & i = 2D - 1, \dots, S - 2, \quad j = i + 1, \\ C_i^{i-(2D-1)} R^{i-(2D-1)} (1-R)^{2D}, & i = W, \dots, S - 2, \quad j = W - 1, \\ 1, & i = S - 1, \quad j = 0. \end{cases}$$

Здесь R — вероятность искажения сегмента в канале междуузловых соединений. Для режима группового отказа процедуры управления сквозной передачей переходные вероятности цепи Маркова принимают следующий вид:

$$\pi_{ij} = \begin{cases} 1, & i = 0, \dots, 2D - 2, \quad j = i + 1, \\ 1 - (1-R)^D, & i = 2D - 1, \dots, S - 2, \quad j = i + 1, \\ (1-R)^{D(i+3-2D)}, & i = 2D - 1, \dots, W, \quad j = 2D - 1, \\ (1-R)^{D(W+3-2D)}, & i = W, \dots, S - 2, \quad j = 2D - 1, \\ (1-R)^D [1 - (1-R)^{i+2-2D}], & i = 2D - 1, \dots, W, \quad j = 0, \\ (1-R)^D [1 - (1-R)^{W+2-2D}], & i = W, \dots, S - 2, \quad j = 0, \\ 1, & i = S - 1, \quad j = 0. \end{cases}$$

Состояния с 0-го по W соответствуют размеру очереди переданных, но не подтвержденных сегментов у отправителя. Тогда вероятности состояний цепи Маркова P_k , $k = 0, \dots, W$, соответствуют вероятностям того, что размер очереди сегментов к повторной передаче в узле-отправителе равен k . В состоянии $k = W$ источник данных приостанавливает передачу и ожидает квитанцию вплоть до попадания в состояние $k = S - 1$. Согласно логике работы протокола, пребывание в состоянии P_{S-1} влечет повторную передачу всего содержимого очереди (W сегментов) заново. Очевидно, что P_{S-1} является метрикой, определяющей частоту повторных передач. С другой стороны, поскольку при достижении числа отправленных сегментов значения W источник приостанавливается в ожидании подтверждения, то состояния цепи Маркова от W до $S - 1$ соответствуют непроизводительным простоям отправителя. Тогда сумма вероятностей состояний с номерами от W до $S - 1$ (P_{sum}) задает интегральную долю времени простоя управляющего протокола. В работе получены аналитические соотношения для вероятностей состояний P_k , $k = 0, \dots, S - 1$, для селективной

и групповой процедур отказа, на основе которых проведено моделирование работы стека протоколов TCP/IP NG. Данный стек широко используется в операционных системах Windows Server Longhorn и Windows Vista и поддерживает селективную процедуру отказа. В случае каналов связи, соответствующих качеству Fast Ethernet (уровень ошибок не выше 10^{-7} на бит, являющийся пороговым показателем надежности коммутируемой среды Fast Ethernet), практически вся вероятностная масса цепи Маркова в стационарном состоянии сосредоточена в состоянии с номером $2D - 1$. Анализ динамики изменения величин P_{S-1} и P_{sum} позволяет сделать вывод о том, что с ростом S имеет место незначительное снижение вероятности повторной передачи, но при этом достаточно быстро растет время простоя. При выборе $S = 2W$ время простоя остается на уровне, не превышающем 5%. Для каналов связи качества xDSL (уровень ошибок не выше 10^{-3} на бит) время непроизводительных простоев с ростом S увеличивается еще быстрее, и для сохранения времени простоя менее 5% размер тайм-аута S следует выбирать не более $1,5W$. Из проведенного анализа следует, что длительность тайм-аута S предпочтительнее выбирать из условия обеспечения заданного уровня средней сквозной задержки, а размер окна W — из условия минимума непроизводительных простоев.