

УДК 681.324

С.Г. СЕМЕНОВ

Харьковский университет Воздушных Сил, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СРЕДНЕЙ ЗАДЕРЖКЕ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТА ДАННЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

В статье рассмотрены требования к средней задержке передачи пакета данных для обеспечения требуемого качества обслуживания с учетом стоимостных характеристик телекоммуникационной сети.

телекоммуникационная сеть, задержка передачи пакета данных, суммарные затраты на создание и эксплуатацию сети, функция ценности, допустимое время старения

Введение

Телекоммуникационная система по своей основной функции – доставке сообщений из одного множества точек пространства в другое – сопоставима с любой транспортной системой, например, сетью дорог, линий электропередачи и т.д. Однако между ними имеется и существенное различие, заключающееся в том, что сообщения в процессе доставки быстро стареют.

Анализ литературы и постановка задачи. Моделированию телекоммуникационных сетей различных структур посвящены работы многих авторов [1 – 6]. Так в [1, 3] при моделировании телекоммуникационной сети авторы ставили задачу минимизировать среднее время задержки передачи пакета данных без учета стоимостных показателей системы. Но в настоящее время стоимостные показатели функционирования любой сложной системы, в том числе и передачи данных, являются определяющими. Поэтому задача создания экономически эффективных телекоммуникационных сетей является актуальной.

При моделировании вычислительных сетей в качестве выходных параметров кроме показателя задержки передачи пакета данных необходимо учитывать и суммарные затраты на создание сети, которые включают в себя [5]:

– затраты на создание телекоммуникационной инфраструктуры;

– затраты на использование коммутационных устройств.

Кроме того, необходимо учитывать стоимость аренды каналов связи при дальнейшей эксплуатации телекоммуникационных систем.

Задержка пакета данных в телекоммуникационных сетях

Система передачи данных (СПД) любого вида предназначается для обслуживания поступающих сообщений с заданным качеством. Все параметры, которыми измеряется качество обслуживания в пакетных сетях, являются статистическими.

Как правило, это среднее значение скорости информационного потока, вероятность своевременной доставки пакета данных и среднее время доставки пакета данных (средняя задержка). Под задержкой пакета данных в телекоммуникационных сетях понимают отрезок времени, необходимый для продвижения пакета данных от источника до пункта назначения через систему передачи данных.

Задержка пакета данных обычно оценивается через случайное время T_m .

Для сетей пакетной коммутации задержка пакета данных определяется выражением

$$T_m = T_z + T_o + T_{ож} + T_{пер} + T_{расп} + T_{пак} + T_{депак}, \quad (1)$$

где T_z – время запроса на передачу пакета данных;

T_o – время ответа на разрешение передачи;

$T_{ож}$ – время ожидания в очереди на передачу;

$T_{пер}$ – время передачи пакета данных;

$T_{расп}$ – время распространения пакета данных;

$T_{пак}$ – время пакетизации;

$T_{депак}$ – время депакетизации.

Величину $T_z + T_o$ можно рассматривать как время коммутации T_k .

Таким образом

$$T_m = T_k + T_{ож} + T_{пер} + T_{расп} + T_{пак} + T_{депак}. \quad (2)$$

Рассмотрим каждую составляющую времени задержки.

Выражение для определения суммарного времени коммутации пакета данных имеет вид [2]:

$$T_k = \sum_{b=1}^{h_w} t_{кb}, \quad (3)$$

где h_w – число каналов ПД;

$t_{кb}$ – время коммутации пакета данных в маршрутизаторе, инцидентном b -му каналу ПД.

Суммарное время ожидания пакета данных в очереди к каналам ПД определяется с помощью выражения [2]:

$$T_{ож} = \sum_{b=1}^{h_w} t_{ожb}, \quad (4)$$

где $t_{ожb} = \frac{l_{об}}{p_{zb}} \cdot l_p$ – время ожидания пакета данных в очереди к b -му каналу ПД;

$l_{об}$ – длина очереди пакетов данных к b -му каналу ПД;

l_p – объем пакета данных, передаваемого по маршруту;

p_{zb} – пропускная способность b -го канала ПД с учетом его загрузки.

Выражение для определения суммарного времени передачи пакета данных по каналам ПД имеет следующий вид [2]:

$$T_{пер} = \sum_{b=1}^{h_w} t_{перb}, \quad (5)$$

где $t_{перb} = k_{zb} \cdot \frac{l_p}{p_{zb}}$ – время передачи пакета

данных по b -му каналу ПД;

k_{zb} – коэффициент загрузки b -го канала ПД.

Выражение для определения суммарного времени распространения пакета данных по каналам ПД имеет вид

$$T_{расп} = \frac{\sum_{b=1}^{h_w} l_{fb}}{c_p}, \quad (6)$$

где $l_f = \frac{l_k}{n}$ – средняя длина фрагмента сети;

c – скорость распространения пакета данных;

l_k – физическая длина фрагмента сети;

n – количество маршрутов распространения пакета данных.

Учитывая, что время, затрачиваемое на пакетизацию, депакетизацию в современных маршрутизаторах мало, среднее время задержки рассчитываем с помощью следующего выражения:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_u} \times \left(\sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} \left(\lambda_{ma}^j \cdot h_{wa}^j \cdot \left(t_y + k_z \cdot \frac{l_p}{p_z} + \frac{l_o}{p_z} \cdot l_p + \frac{l_f}{c_p} \right) \right) \right)$$

Не все типы трафика чувствительны к задержкам передачи данных, во всяком случае, к тем величинам задержек, которые характерны для компьютерных сетей, – обычно задержки не превышают сотен миллисекунд, реже – нескольких секунд. Такого порядка задержки пакетов, порождаемых файловой службой, службой электронной почты или службой печати, мало влияют на качество этих служб с точки зрения пользователя сети, и не требуют больших затрат. С другой стороны, такие задержки пакетов, переносящих голосовые данные или видеоизображение, могут приводить к значительному снижению качества предоставляемой пользователю информа-

ции [6]. Поэтому при формализации модели телекоммуникационной сети необходимо ставить следующие ограничения:

$$T_{cp} \leq T_{зад}; \quad (7)$$

$$C_{\Sigma} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где $T_{зад}$ – заданное время задержки передачи пакета данных;

C_{Σ} – суммарные затраты на создание и эксплуатацию сети.

Если условие (7) не выполняется, то наступает момент, когда конкретно взятое сообщение уже не может быть использовано для управления, т.е. его ценность оказывается равной нулю. Нельзя исключать и такие ситуации, когда в результате поступления сообщения в центр управления после установленного времени будет наноситься вред, т.е. ценность такого сообщения может оказаться отрицательной.

Если функцию ценности сообщения обозначить через $C(t)$, то общий характер ее изменения возможно представить так, как это показано на рис. 1, на котором обозначены случайные значения: t_d – допустимого, $t_{кр}$ – критического, $t_{пр}$ – предельного времени старения и T_{cp} – времени задержки сообщения.

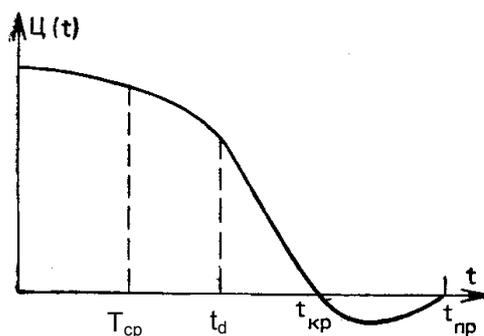


Рис. 1. Общий возможный характер изменения функции ценности

Из этого рисунка видно, что ценность сообщения на интервале времени $[0, t_d]$ убывает относительно медленно, на интервале $[t_d, t_{кр}]$ быстро спадает до нуля, а на интервале $[t_{кр}, t_{пр}]$ имеет отрицательное значение.

Характер функции ценности $C(t)$ для различных процессов может быть различным (рис. 2).

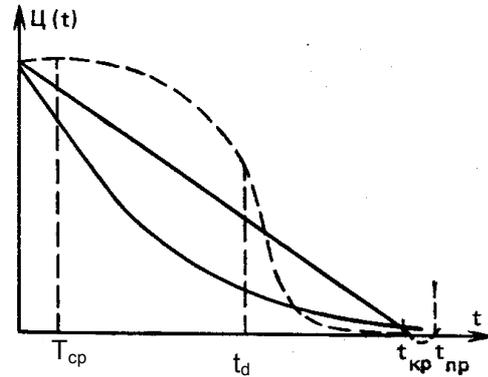


Рис. 2. Законы изменения функции ценности во времени

Однако эта функция во всех случаях с допустимой для практики неточностью может быть аппроксимирована прямоугольником (рис. 3).

Физический смысл такой аппроксимации состоит в том, что, если время задержки сообщения T_{cp} и время управления $(t_d - T_{cp})$ в сумме не превышают t_d , то сообщение поступило своевременно и будет использовано для управления. В противном случае оно использовано быть не может и ценность сообщения будет равна нулю.

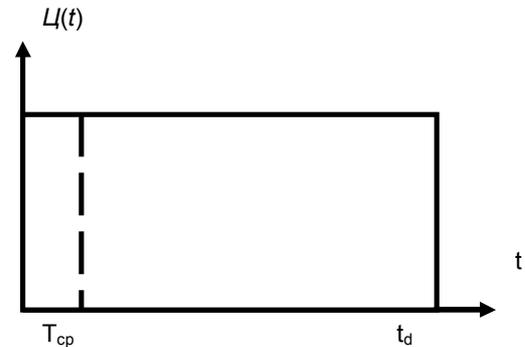


Рис. 3. Аппроксимация функции ценности прямоугольником

Из рис. 1 – 3 видно, что задаваемое для сети время задержки сообщения всегда должно быть существенно меньше допустимого времени старения ($T_{cp} \ll t_d$).

При переходе от случайных значений к средним можно пользоваться такими понятиями, как допус-

тимое среднее время старения T_d и интенсивность старения ν .

Допустимое среднее время старения сообщений T_d представляет собой суммарное значение среднего времени задержки сообщений T_{cp} и времени управления $(T_d - T_{cp})$.

Интенсивность старения сообщений [4]:

$$\nu = \frac{1}{T_d}.$$

Введем обозначения:

$Z(t) = P(t_d < t)$ – функция распределения времени старения сообщений;

$N(t) = \frac{[Z(t)]'t}{1 - Z(t)}$ – интенсивность старения сообщения;

$T_d = \int_0^{\infty} t dZ(t)$ – среднее допустимое время старения сообщений на сети связи.

При экспоненциальном законе распределения времени старения:

$$Z(t) = 1 - e^{-\nu t};$$

$$N(t) = \nu;$$

$$T_d = \frac{1}{\nu}.$$

Выводы

В современных условиях не всегда уменьшение времени задержки пакета данных в телекоммуникационных сетях «любой ценой» целесообразно. Привлекательнее выглядит идея создания экономически эффективной сети, обеспечивающей необходимое качество обслуживания. Нужны новые механизмы качества обслуживания, учитывающие все многообразие требований, предъявляемых приложениями к сети, и представляющих каждому приложению тот уровень качества обслуживания, который ему необходим – то ли в силу объективных потребностей

приложения, то ли в соответствии с соглашением о качестве обслуживания, заключенным между клиентом и оператором сети.

Литература

1. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Королев А.В., Кучук Г.А., Пашнев А.А. Адаптивная маршрутизация в корпоративных сетях. – Х.: ХВУ, 2003. – 224 с.
3. Мизин Н.А., Богатырев В.А., Кулешов А.П. Сети коммутации пакетов. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
4. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений: Учебное пособие для ВУЗов / М.Н. Арипов, Г.П. Захаров, С.Т. Малиновский, Г.Г. Яновский; под ред. Г.П. Захарова. – М.: Радио и связь, 1988. – 360 с.
5. Кучук Г.А., Королева Н.А., Акимова Ю.А., Пашков Д.П. Моделирование структуры компактной корпоративной вычислительной сети // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 8 (36). – С. 27 – 36.
6. Семенов С.Г. Оптимизация трафика на основе сбалансированной загрузки информационно-телекоммуникационной сети // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 8 (36). – С. 206 – 210.
7. Fratta L., Gerla M., Kleinrock L. The flow deviation method: An approach to store-and-forward communication network design. // Networks. – 1973. – V. 3, № 2. – P. 97 – 133.

Поступила в редакцию 21.07.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства, Харьков.