УДК 621.39

АЛГОРИТМ ВЫБОРА МАРШРУТА ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЯ ПО СЕТИ СВЯЗИ

В.Н. Шлокин, П.И. Терещенко
(представил д.т.н., проф. В.И. Долгов)

Предложен алгоритм выбора маршрута передачи сообщения по сети связи при многоэтапной обработке по критерию максимальной «гарантированной» вероятности доведения сообщения за заданное время.

Выбор оптимального маршрута передачи сообщения при формировании плана распределения информации и многоэтапной задержке (обработке) сообщения на каждом из маршрутов оказывает существенное влияние на эффективность функционирования всей сети связи в целом [1]. Перед отправкой сообщения необходимо выяснить, по какому из возможных маршрутов передача сообщения будет наиболее оптимальна, что при учете вероятностных процессов, характеризующих функционирование сети связи, будет выражаться в максимальной вероятности передачи данного сообщения за заданное время [2].

Математически процесс прохождения сообщения по сети связи при экспоненциальных законах распределения случайных величин времени задержки сообщения на каждом этапе описывается соотношениями теории многофазных систем массового обслуживания. Однако, при неэкспоненциальных законах распределения случайных величин, что на практике, как правило, имеет место, математическое описание процесса уже при количестве этапов более двух становится трудной в аналитическом отношении проблемой [3, 4]. Это связано с тем, что закон распределения суммарного времени задержки сообщения на рассматриваемом маршруте является композицией законов распределения времен задержки сообщения на каждом из этапов этого маршрута, и, в большинстве случаев, не может быть выражен элементарными функциями [5].

В связи с вышеизложенным представляет интерес получение аналитических соотношений для оценки вероятности доведения (доставки) сообщения именно при произвольных законах распределения времени обработки (задержки) сообщения на каждом этапе рассматриваемого маршрута.

Общее время задержки $\mathbf{T_{зад}}$ сообщения в сети связи есть сумма времен задержки $\mathbf{t_i}$ на каждом из $\mathbf{n}$ этапов рассматриваемого маршрута

$$\mathbf{T_{зад}} = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{t_i} \ . \qquad (1)$$

Сделаем допущение о независимости времен задержки сообщения на этапах обработки – случайных величин $\mathbf{t_i}$, что легко осуществляется на практике.

Каждое передаваемое сообщение, вследствие старения содержащейся в нем информации, характеризуется очень важным параметром - критическим временем доставки $\mathbf{T_{кр}}$. Превышение общего времени доставки (или задержки в сети связи) $\mathbf{T_{зад}}$ над $\mathbf{T_{кр}}$ крайне нежелательно по ряду причин [2, 6] . Разложим общее время $\mathbf{T_{кр}}$ на $\mathbf{n}$ слагаемых $\boldsymbol{\tau_i}$ (которые можно трактовать как критические времена задержки сообщения на соответствующих этапах) так, что

$$\mathbf{T_{кр}} = \sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{\tau_i} \ . \qquad (2)$$

Рассмотрим события $\mathbf{Q_1}$, $\mathbf{Q_2}$ и $\mathbf{Q_3}$, заключающиеся в следующем:

$\mathbf{Q_1}$ - на любом этапе $\mathbf{t_i} \le \boldsymbol{\tau_i}$; очевидно, что обеспечивает $\mathbf{T_{зад}} \le \mathbf{T_{кр}}$;

$\mathbf{Q_2}$ - на любом этапе $\mathbf{t_i} > \boldsymbol{\tau_i}$; очевидно, что обеспечивает $\mathbf{T_{зад}} > \mathbf{T_{кр}}$;

$\mathbf{Q_3}$ - на некоторых этапах $\mathbf{t_i} \le \boldsymbol{\tau_i}$, а на некоторых $\mathbf{t_j} > \boldsymbol{\tau_j}$; результат получается неоднозначным: $\mathbf{T_{зад}}$ может как не превысить, так и оказаться больше $\mathbf{T_{кр}}$.

Отметим, что $\mathbf{Q_1}$, $\mathbf{Q_2}$ и $\mathbf{Q_3}$ образуют полную группу событий.

Приемлемый результат однозначно получается только при исходе события $\mathbf{Q_1}$. Поэтому вычислив вероятность появления этого события, можно получить нижнее, “гарантированное” значение вероятности $\mathbf{P_{гар}}$ того, что сообщение по рассматриваемому маршруту будет передано за время $\mathbf{T_{зад}} \le \mathbf{T_{кр}}$. Выражение для вычисления $\mathbf{P_{гар}}$ будет иметь следующий вид:

$$\mathbf{P(Q1)} = \mathbf{P_{гар}} = \prod_{i=1}^{N} \mathbf{P(t_i \le \tau_i)} = \prod_{i=1}^{N} \int_{\tau_i} \boldsymbol{\omega_i(t_i)\,dt_i}, \qquad (3)$$

где $\boldsymbol{\omega_i(t_i)}$ – функция распределения плотности вероятности времени задержки (обработки) сообщений на $\mathbf{i}$ - м этапе.

Величина $\mathbf{P_{гар}}$ в (3) зависит не только от конкретного значения $\mathbf{T_{кр}}$, но и конкретного набора слагаемых $\boldsymbol{\tau_i}$, на которые было разложено это значение в (2). Анализ $\mathbf{P_{гар}}$ на экстремумы как функции $\mathbf{n}$ переменных $\boldsymbol{\tau_i}$ показывает, что для одномодовых функций распределения $\boldsymbol{\omega_i(t_i)}$ максимум $\mathbf{P_{гар}}$ существует при выполнении

$$\begin{cases} \dfrac{\omega j(\tau j)}{\int\limits_{\tau j} \omega j(t)dt} = \gamma, \quad j = \overline{1, n}; \\ \sum\limits_{i=1}^{n} \tau_i = T\text{кр}, \end{cases} \tag{4}$$

где γ – некоторая числовая величина.

После решения (4), например, итерационным методом, получим оптимальный набор $\tau_i^{\text{опт}}$, где $i = \overline{1, n}$, при котором $P_{\text{гар}} = P_{\text{гар}}^{\max}$.

Таким образом, алгоритм выбора маршрута передачи сообщения может быть сведен к следующему: для каждого из **M** рассматриваемых маршрутов вычисляется $P_{\text{гар}, j}^{\max}$ при $j = \overline{1, M}$ и для передачи сообщения выбирается маршрут, у которого $P_{\text{гар}, j}^{\max} = \max$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев В.Г., Лазарев Ю.В. Динамическое управление потоками информации в сетях связи. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.
2. Теория сетей связи / Под ред. В.Н. Рогинского. – М.: Радио и связь, 1981. – 192 с.
3. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987. – 336 с.
4. Шлокин В.Н. К вопросу априорной оценки вероятности обслуживания требования за заданный интервал времени в многофазных системах массового обслуживания // Сборник рефератов депонированных рукописей. Выпуск 9, серия Б. – МО СССР, 1989.
5. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
6. Повышение эффективности передачи информации в автоматизированных системах управления / Под ред. В.И. Ключко. – МО СССР, 1983. – 344 с.

Поступила в редколлегию 21.02.2001