

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

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

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

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

$$T_{\text{кр}} = \sum_{i=1}^n \tau_i . \quad (2)$$

Рассмотрим события Q_1 , Q_2 и Q_3 , заключающиеся в следующем:

Q_1 - на любом этапе $t_i \leq \tau_i$; очевидно, что обеспечивает $T_{\text{зад}} \leq T_{\text{кр}}$;

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

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

Отметим, что Q_1 , Q_2 и Q_3 образуют полную группу событий.

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

$$P(Q_1) = P_{\text{гар}} = \prod_{i=1}^N P(t_i \leq \tau_i) = \prod_{i=1}^N \int_{\tau_i} \omega_i(t_i) dt_i , \quad (3)$$

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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\omega_j(\tau_j)}{\int_{\tau_j} \omega_j(t) dt} = \gamma, \quad j = \overline{1, n}; \\ \sum_{i=1}^n \tau_i = T_{кр}, \end{array} \right. \quad (4)$$

где γ – некоторая числовая величина.

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

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

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