

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ ЗАДЕРЖКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПАКЕТА

к.т.н. Г.А. Кучук, к.т.н. А.А. Пашнев, Д.Н. Калашник
(представил проф. А.В. Королёв)

Предлагается способ аналитической оценки средней задержки пакета информации в сетях передачи данных для различных методов маршрутизации информационных потоков.

Постановка проблемы. К одной из важнейших задач создания новейших систем управления как в производственной, так и в непроизводственной сфере, относится повышение оперативности обмена информацией в них. Решение этой задачи связано с необходимостью разработки соответствующих аппаратно-программных решений, уровень которых должен отвечать современным технологиям. При этом при разработке необходимо ориентироваться на современные методы передачи и распределения данных, базирующиеся на общепринятых протоколах X25, X400, TSP/IP. Целесообразность этого подтверждается соответствующими статьями Закона Украины 74/98-ВР “Про національну програму інформатизації” [1] (с учетом внесенных в 2001 году изменений согласно Закону Украины от 13.09.2001 № 2684-III).

Анализ литературы показал, что в настоящее время существует множество различных методов маршрутизации, обеспечивающих передачу и распределение информационных потоков в сетях передачи данных, имеющих свои достоинства и недостатки [2 – 7]. Одним из наиболее важных критериев оценки методов маршрутизации, характеризующих оперативность обмена информацией в системах управления является средняя задержка пакета в сети передачи данных (СПД). Поэтому разработка способа аналитической оценки средней задержки пакета в сетях передачи данных для различных методов маршрутизации с учетом длин маршрутов, интенсивностей потоков данных, передаваемых по ним, пропускных способностей каналов передачи данных (ПД) и среднего времени коммутации пакета данных в узле является актуальной задачей.

Целью статьи является осуществление сравнительной характеристики используемых методов маршрутизации информационных пото-

ков на основе аналитической оценки средней задержки пакета в сетях передачи данных для различных методов маршрутизации.

Под задержкой пакета данных в СПД понимают отрезок времени, необходимый для передвижения пакета данных от источника до пункта назначения через сеть передачи данных [8]. Задержка пакета данных на маршруте определяется как [9]

$$T_m = T_y + T_o + T_w, \quad (1)$$

где T_y – суммарное время коммутации пакета данных в узле; T_o – суммарное время ожидания пакета данных в очереди к каналам ПД; T_w – суммарное время передачи пакета данных по каналам ПД.

Суммарное времени коммутации пакета данных в узле равно [10]:

$$T_y = \sum_{b=1}^{h_w} t_{y_b}, \quad (2)$$

где h_w – число каналов ПД, входящих в маршрут; t_{y_b} – время коммутации пакета данных в узле, инцидентном b -му каналу ПД.

Суммарное время ожидания пакета данных в очереди к каналам ПД определяется с помощью выражения [11] $T_o = \sum_{b=1}^{h_w} t_{o_b}$, где t_{o_b} – время ожидания пакета данных в очереди к b -му каналу ПД. Время ожидания пакета данных в очереди к каналу ПД зависит от длины очереди пакетов данных к каналу ПД, длины передаваемого пакета данных, пропускной способности канала ПД и определяется выражением [10]:

$$t_{o_b} = (l_{o_b} / p_{z_b}) \cdot l_p, \quad (3)$$

где l_{o_b} – длина очереди пакетов данных к b -му каналу ПД; l_p – объем пакета данных, передаваемого по маршруту; p_{z_b} – пропускная способность b -го канала ПД с учетом его загрузки.

Выражение для определения суммарного времени передачи пакета данных по каналам ПД имеет вид [8]:

$$T_w = \sum_{b=1}^{h_w} t_{w_b}, \quad (4)$$

где $t_{w_b} = (k_{z_b} \cdot l_p) / p_{z_b}$ – время передачи пакета данных по b -му каналу ПД; k_{z_b} – коэффициент загрузки b -го канала ПД.

При определении средней задержки пакета данных в СПД, кроме

того, необходимо учитывать следующие параметры:

- длину маршрутов передачи данных;
- интенсивность потоков данных, передаваемых по маршрутам;
- суммарную интенсивность потоков данных, передаваемых в СПД.

С использованием вышеуказанных параметров и выражений (1) – (4), среднюю задержку пакета данных в СПД можно рассчитать при помощи следующего выражения:

$$T_p = \frac{1}{c_u} \cdot \sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} \left(c_{m_a^j} \cdot h_{w_a^j} \cdot \left(t_y + k_z \cdot \frac{l_p}{p_z} + \frac{l_o}{p_z} \cdot l_p \right) \right), \quad (5)$$

где c_u – суммарная интенсивность распределенных потоков данных в СПД; h_r – число информационных потоков между множеством узлов СПД; h_m – число маршрутов для передачи j -го потока в распределении γ ; $c_{m_a^j}$ – интенсивность j -го потока по маршруту m_a^j ; $h_{w_a^j}$ – длина маршрута m_a^j , определяемая числом каналов ПД, входящих в маршрут; t_y – среднее время коммутации пакета в узле; k_z – средний коэффициент загрузки каналов ПД; l_o – средняя длина очереди к каналу ПД; l_p – средний объем пакета (в битах) передаваемых в СПД данных; p_z – средняя пропускная способность канала ПД с учетом его загрузки.

Средний коэффициент загрузки каналов ПД определяется как [10]:

$$k_z = k_u + k_c, \quad (6)$$

где k_u – средний коэффициент загрузки каналов ПД, создаваемой распределенными потоками данных; k_c – средний коэффициент загрузки каналов ПД, создаваемой служебными потоками данных.

Используя выражения (5) и (6) определим зависимость средней задержки пакета данных в СПД от среднего коэффициента загрузки каналов ПД k_u для основных методов маршрутизации (1 – статический метод “STA”; 2 – дистанционно-векторный метод “DVA”; 3 – метод состояния связей “LSA”), представленную на рис. 1. Проведенный анализ показал, что статический метод маршрутизации обеспечивает меньшую среднюю задержку пакета данных в СПД по сравнению с динамическими методами DVA, LSA для значений среднего коэффициента загрузки каналов ПД $k_u = 0 \div 0,4$. Это объясняется наличием дополнительной загрузки каналов ПД k_c , создаваемой служебными потоками данных, возникающими при применении динамических методов маршрутизации.

Для значений среднего коэффициента загрузки каналов ПД $k_u = 0,4 \div 0,9$ наименьшую среднюю задержку пакета данных в СПД обеспечивают дина-

мические методы маршрутизации DVA, LSA, позволяющие учитывать текущее значение загрузки каналов ПД в ходе маршрутизации информационных потоков, причем метод состояния связей LSA учитывает состояния всех промежуточных узлов, что уменьшает время ожидания пакета данных в очереди при возникновении блокировок каналов ПД.

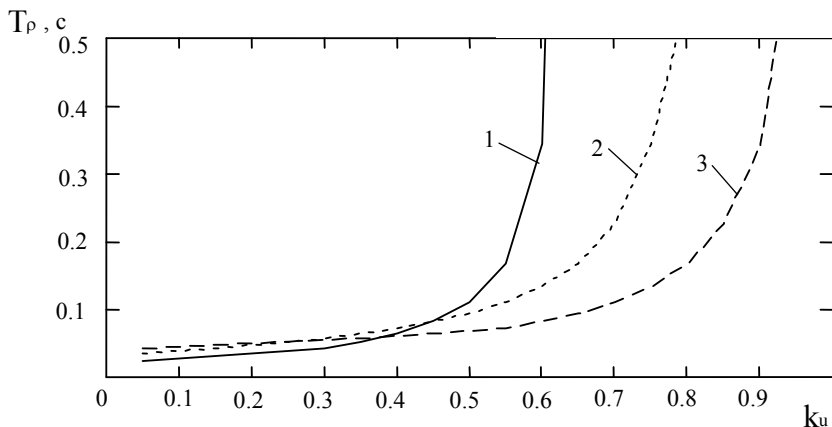


Рис. 1. Зависимость средней задержки пакета данных в СПД T_p от среднего коэффициента загрузки каналов ПД k_u для различных методов маршрутизации

Таким образом, полученное аналитическое выражение для расчета средней задержки пакета в сети передачи данных позволяет осуществить аналитическую оценку средней задержки пакета данных в СПД для различных методов маршрутизации с учетом длин маршрутов, интенсивностей потоков данных, передаваемых по ним, пропускных способностей каналов ПД и среднего времени коммутации пакета данных в узле.

На основе проведенной аналитической оценки средней задержки пакета данных в СПД для основных используемых методов маршрутизации можно сделать следующие **выводы**:

- статические методы маршрутизации, ориентированные на неизменность маршрутов передачи данных, обеспечивают низкую среднюю задержку пакетов данных в СПД при невысокой загрузке каналов ПД, однако дальнейшее увеличение их загрузки приводит к возникновению частых блокировок в СПД и резкому увеличению средней задержки пакетов данных;
- динамические методы маршрутизации позволяют обеспечить меньшую среднюю задержку пакетов данных в СПД по сравнению со статическими методами при высоких значениях загрузки каналов ПД за счет учета текущего значения загрузки в ходе маршрутизации информа-

ционных потоков, однако они сложны и требовательны к ресурсам используемых вычислительных средств;

– для уменьшения средней задержки пакета данных в СПД можно использовать смешанный метод маршрутизации, обеспечивающий адаптацию к изменениям структуры СПД и минимизацию влияния величины текущего трафика на изменение состояния каналов ПД за счет учета максимальных значений интенсивностей потоков данных при проведении их распределения, что позволяет существенно снизить служебные потоки данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон України від 4.02.1998 за № 74/98-ВР “Про національну програму інформатизації” // Відомості ВР України. – 1998. – № 27 – 28.
2. Блек Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. – М.: Мир, 1990. – 506 с.
3. Девис Д., Барбер Д. Вычислительные сети и сетевые протоколы. – М.: Мир, 1992. – 562с.
4. Дженнингс Ф. Практическая передача данных: модемы, сети и протоколы. – М.: Мир, 1989. – 272 с.
5. Кульгин М.Б. Коммутация и маршрутизация IP/IPX трафика. – М.: Компьютер-пресс, 1998. – 324 с.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – С.-Пб.: Питер, 1999. – 668 с.
7. Сетевые протоколы и управление в распределенных вычислительных системах / Под ред. В.Г. Лазарева. – М.: Наука, 1986. – 220 с.
8. Толковый словарь по вычислительным системам / Под ред. И. Иллингуорта. – М.: Машиностроение, 1989. – 568 с.
9. Гуревич И.М. Определение среднего времени и дисперсии времени передачи информации в сетях связи // Модели информационных сетей и коммутационных систем. – М.: Наука. – 1982. – С. 100 – 107.
10. Королёв А.В., Кучук Г.А., Пашиев А.А. Распределение информационных потоков в вычислительных сетях // ИУСЖТ. – 1998. – № 6. – С. 47 – 50.
11. Ковба Н.Л., Макаров А.А., Симонова Г.И. Закономерности изменения загрузки магистральных каналов компьютерных сетей // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 12. – С. 104 – 114.

Поступила 27.03.2003

КУЧУК Георгий Анатольевич, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., начальник НИО ИВЦ ХВУ. Окончил мехмат Московского государственного университета в 1977 году. Область научных интересов – обработка информации.

ПАШНЕВ Андрей Анатольевич, канд. техн. наук, научн. сотр. ИВЦ ХВУ. В 1993 году окончил Харьковское высшее военное авиационное училище радиоэлектроники. Область научных интересов – системы обработки и передачи данных.

КАЛАШНИК Дмитрий Николаевич, курсант ХВУ.