

УДК 004.735

Ф.С. Шапо, канд. техн. наук, доц., Одес. нац. политехн. ун-т,**В.Ф. Шапо**, канд. техн. наук, доц., Одес. нац. мор. акад.

МЕТОД РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ТРАНЗАКЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ф.С. Шапо, В.Ф. Шапо. Метод розрахунку часу транзакції в розподілених комп'ютерних мережах при побудові інформаційних систем підприємств. Запропоновано метод розрахунку часу транзакції в розподілених комп'ютерних мережах при побудові інформаційних систем підприємств. Метод дозволяє врахувати довільну кількість транзитних вузлів, структуру мережевих шлюзів, що передають і приймають дані, і типи трафіка, що циркулює в мережі. Отримані результати дозволяють вибирати структуру мережевих шлюзів і рекомендувати оптимальний розмір мережного пакету, що передається.

Ф.С. Шапо, В.Ф. Шапо. Метод расчета времени транзакции в распределенных компьютерных сетях при построении информационных систем предприятий. Предложен метод расчета времени транзакции в распределенных компьютерных сетях при построении информационных систем предприятий. Метод позволяет учесть произвольное количество транзитных узлов, структуру сетевых шлюзов, передающих и принимающих данные, и типы циркулирующего в сети трафика. Полученные результаты позволяют выбирать структуру сетевых шлюзов и рекомендовать оптимальный размер передающегося сетевого пакета.

F.S. Shapo, V.F. Shapo. Method of transaction time calculation in distributed computer networks in building the enterprise information system building. A method of transaction time calculation in distributed computer networks in building the enterprise information system is proposed. The method allows to register arbitrary quantity of transit points, structure of transmitting and receiving network sluices and types of network traffic. The obtained results allow to choose network sluices structure and to recommend optimal value of transmitted network frame.

Специфика работы современных предприятий связана с наличием большого количества подразделений, рассредоточенных на больших территориях, перевозкой больших объемов и широкой номенклатуры грузов по водным, автомобильным и железнодорожным путям, частыми перемещениями сотрудников и технического персонала, использованием широкого спектра программного обеспечения для построения информационных систем предприятий. Это приводит к необходимости регулярной передачи больших объемов разнотипных данных между удаленными подразделениями. Временные потери и ошибки, связанные с несвоевременной и некачественной обработкой и передачей информации, приводят к существенным финансовым потерям или недополучению прибыли, неправильным решениям при стратегическом и тактическом планировании. Территориально распределенные компьютерные сети позволяют решить проблемы, связанные с доступом к данным, их своевременным обновлением, исключить их дублирование и ликвидировать несоответствие, повысить качество управления, перейти на более современный уровень построения АСУП для решения новых задач и оперативного принятия оптимальных решений [1, 2].

Все более важной становится задача передачи данных по имеющимся корпоративным или общедоступным (Интернет) сетям регионального или глобального уровня в режиме реального времени или близком к нему, поэтому важно определить время транзакции по сети с учетом временных задержек в промежуточных узлах. Часто построение территориально

распределенных сетей и выбор коммуникационного оборудования выполняются по аналогии с ранее выполненными решениями с недостаточным научным обоснованием, в результате чего они неоптимальны по стоимости и быстродействию.

Предлагается метод расчета времени транзакции в территориально распределенной сети крупного современного предприятия.

В простейшем случае территориально распределенная компьютерная сеть (ТРКС) может быть представлена в виде пяти последовательно работающих узлов: передающая локальная сеть; передающий шлюз; канал связи ТРКС; принимающий шлюз; принимающая локальная сеть. Соответственно время транзакции

$$T_{tr} = T_{kc1} + T_{ш1} + T_k + T_{ш2} + T_{kc2}, \quad (1)$$

где T_{kc1} — время обработки сетевого пакета в передающей локальной сети;

$T_{ш1}$ — время обработки сетевого пакета в передающем шлюзе;

T_k — время передачи сетевого пакета по каналу связи ТРКС от передающего до принимающего шлюза;

$T_{ш2}$ — время обработки сетевого пакета в принимающем шлюзе;

T_{kc2} — время передачи сетевого пакета в принимающей локальной сети.

Предлагаются структурная схема передачи данных по ТРКС и пятиузловая модель массового обслуживания сетевых пакетов.

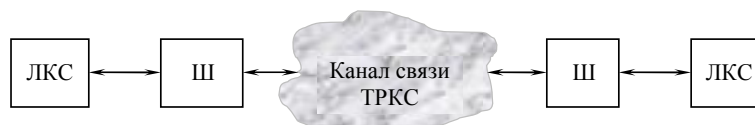


Рис. 1. Структурная схема передачи данных по ТРКС

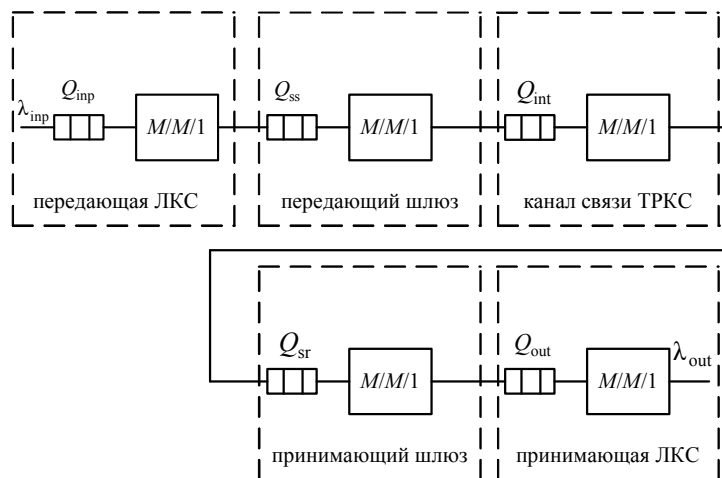


Рис. 2. Пятиузловая модель массового обслуживания ТРКС

На пятиузловой модели массового обслуживания ТРКС приведены следующие обозначения: λ_{inp} — интенсивность потока сетевых пакетов, генерируемых в передающей ЛКС; λ_{out} — интенсивность потока сетевых пакетов на выходе принимающей ЛКС; Q_{inp} — очередь из сетевых пакетов, ожидающих обслуживания в передающей ЛКС; Q_{ss} — очередь из сетевых пакетов, полученных из передающей ЛКС и ожидающих обслуживания в передающем шлюзе; Q_{int} — очередь из сетевых пакетов, образующаяся при передаче сетевых пакетов по каналу связи ТРКС; Q_{sr} — очередь из сетевых пакетов, ожидающих обслуживания в принимающем шлюзе; Q_{out} — очередь из сетевых пакетов, ожидающих обслуживания в принимающей ЛКС (рис. 2).

Пятиузловая модель сети наиболее применима на практике, поскольку существующие ТРКС, сетевые базы данных распределены на территориях площадью в несколько тысяч квадратных километров, что сводит вероятность передачи данных через транзитные шлюзы к небольшому значению. Поэтому полагаем, что время передачи сетевого пакета данных по передающей и принимающей локальной сети одинаково, а при обработке в шлюзе время преобразования пакета к формату территориально распределенной сети при добавлении заголовка и хвостовика равно времени преобразования к формату локальной сети при отбрасывании заголовка и хвостовика. Тогда (1) может быть переписано в виде

$$T_{tr} = 2T_{кc1} + 2T_{ш1} + T_{к}. \quad (2)$$

Формула (2) справедлива, если обе ЛКС используют одинаковые сетевые технологии (в подавляющем большинстве — семейство Ethernet) и однотипные по структуре шлюзы, имеющие одинаковое количество портов, работающих с одинаковыми скоростями.

При однородной нагрузке — передаче данных только одного типа — минимальное время транзакции сетевого пакета по ТРКС составит

$$T_{tr\min} = \frac{f}{B_{кc1}} + \frac{f}{B_{ш1}} + \frac{f}{B_{к}} + \frac{f}{B_{ш2}} + \frac{f}{B_{кc2}},$$

где $B_{кc1}$ — пропускная способность передающей ЛКС, Мбит/с;
 $B_{ш1}$ — пропускная способность передающего шлюза, Мбит/с;
 $B_{к}$ — пропускная способность канала связи ТРКС, Мбит/с;
 $B_{ш2}$ — пропускная способность принимающего шлюза, Мбит/с;
 $B_{кc2}$ — пропускная способность принимающей ЛКС, Мбит/с;
 f — размер сетевого пакета, бит.

При однородной нагрузке в ТРКС $B_{кc1} = B_{кc2} = B_{к}$, при использовании однотипных по структуре шлюзов $B_{ш1} = B_{ш2} = B_{ш}$, тогда

$$T_{tr\min} = 2 \left(\frac{f}{B_{кc}} + \frac{f}{B_{ш}} \right) + \frac{f}{B_{к}}. \quad (3)$$

С учетом (2) можно записать

$$T_{tr\min} = 2 \left(\frac{f}{B_{кc}} + (2 + K_{BM}) \frac{f}{B_{ш}} \right) + \frac{f}{B_{к}}, \quad (4)$$

где $K_{BM} \approx 0,01$ — коэффициент, определяющий соотношение пропускных способностей входного порта шлюза и его внутренней магистрали [3].

При неоднородной нагрузке — передаче данных различных типов — и применении шлюзов неоднородной структуры, с учетом того, что в шлюзе имеется минимум один скоростной порт, имеющий пропускную способность на порядок выше, чем обычный порт [3], минимальное время транзакции

$$T_{tr\min} = 2 \frac{f}{B_{кc}} + 2(1 + K_{СП} + K_{BM}) \frac{f}{B} + \frac{f}{B_{к}}, \quad (5)$$

где $K_{СП} \approx 0,1$ — коэффициент, определяющий соотношение пропускных способностей входного порта шлюза и скоростного порта, к которому подключается серверная группа ЛКС [3];

$B = K_{СП} B_{ш}$ — пропускная способность скоростного порта шлюза, Мбит/с.

В общем случае ТРКС состоит из множества ЛКС, множества каналов связи и множества шлюзов, некоторые из которых не подключены непосредственно к ЛКС, а используются для разбиения ТРКС на сегменты для повышения безопасности, качества и удобства управления ею. Предлагаются структурная схема передачи данных по ТРКС и многоузловая модель массового обслуживания сетевых пакетов.



Рис. 3. Структурная схема передачи данных по ТРКС с использованием множества каналов связи и транзитных шлюзов

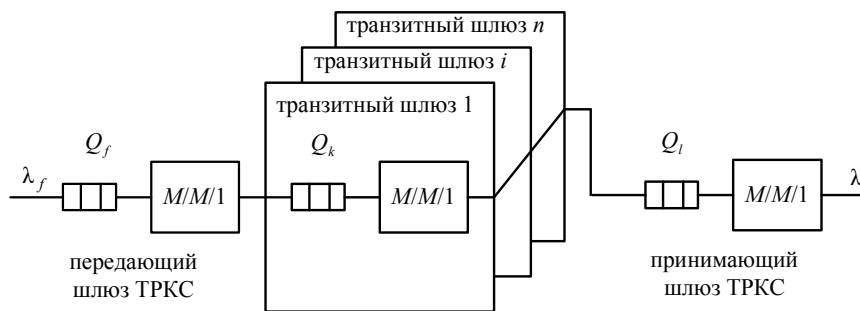


Рис. 4. Многоузловая модель массового обслуживания ТРКС

На многоузловой модели ТРКС приведены следующие обозначения: λ_f — интенсивность потока данных из передающей ЛКС в передающий шлюз; Q_f — очередь на обслуживание в передающем шлюзе; λ_l — интенсивность потока данных на выходе принимающего шлюза; Q_l — очередь на обслуживание в принимающем шлюзе; Q_k — суммарная очередь на обслуживание в транзитных шлюзах ТРКС; $M/M/1$ — одноканальная система массового обслуживания с одной очередью, одним обслуживающим прибором, экспоненциальным распределением временных интервалов между поступлением входящих сетевых пакетов и экспоненциальным распределением вероятностей длительностей обслуживания сетевых пакетов (рис. 3).

При однородной S_0 структуре шлюза, если все порты в нем имеют одинаковые пропускные способности, и неоднородной $S_{но}$ структуре шлюза, если в нем имеются порты с разными пропускными способностями, среднее время транзакции по ТРКС с n промежуточными шлюзами

$$\begin{aligned}
 T_{trav} = & \frac{f_{inp}}{B_1 - \lambda f_{inp}} + \frac{f_{inp}}{B_1 / K_{BM} - \lambda_c f_{inp}} + \frac{f_{inp} + f_{add}}{B_1 - \lambda_{serv} (f_{inp} + f_{add})} + \sum_{j=1}^n T_{tr_j} + \\
 & + \frac{f_{inp} + f_{add}}{B_2 - \lambda_{serv} (f_{inp} + f_{add})} + \frac{f_{inp}}{B_2 / K_{BM} - \lambda_c f_{inp}} + \frac{f_{inp}}{B_2 - \lambda f_{inp}} \text{ — для } S_0; \\
 T_{trav} = & \frac{f_{inp}}{B_1 - \lambda f_{inp}} + \frac{f_{inp}}{B_1 / K_{BM} - \lambda_c f_{inp}} + \frac{f_{inp} + f_{add}}{B_1 / K_{СП} - \lambda_{serv} (f_{inp} + f_{add})} + \sum_{j=1}^n T_{tr_j} + \\
 & + \frac{f_{inp} + f_{add}}{B_2 / K_{СП} - \lambda_{serv} (f_{inp} + f_{add})} + \frac{f_{inp}}{B_2 / K_{BM} - \lambda_c f_{inp}} + \frac{f_{inp}}{B_2 - \lambda f_{inp}} \text{ — для } S_{он},
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

где B_1 — пропускная способность порта передающего шлюза, к которому подключается передающая ЛКС;

B_2 — пропускная способность порта принимающего шлюза, к которому подключается принимающая ЛКС;

$T_{tr,j}$ — время транзакции через j -й транзитный шлюз;

λ — трафик входного порта передающего шлюза;

λ_c — суммарный трафик входных портов передающего шлюза;

λ_{serv} — суммарный трафик серверной группы ЛКС;

f_{inp} — исходный размер сетевого пакета;

f_{add} — размер добавляемых к сетевому пакету в шлюзе заголовка и хвостовика.

Выражения (1)...(6) в аналитическом виде описывают правила расчета времени транзакции через ТРКС при использовании шлюзов однородной и неоднородной структуры.

С применением полученных зависимостей для шлюзов с однородной и неоднородной структурой, скоростями передачи данных в локальной сети-отправителе и локальной сети-получателе в 10 Мбит/с и 100 Мбит/с, и скорости передачи данных по ТРКС в 2 Мбит/с получены зависимости времени транзакции по ТРКС от размера кадра f для методов различных структур (рисунки 5, 6).

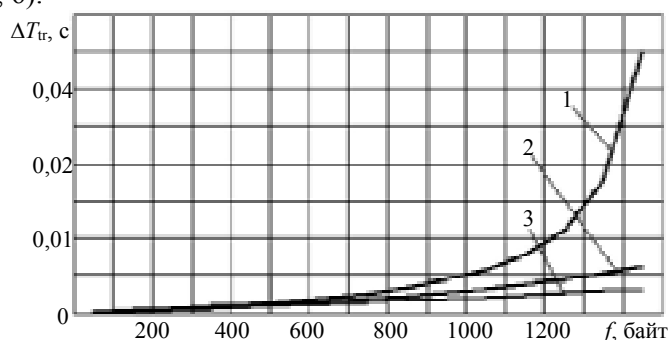


Рис. 5. Зависимость уменьшения времени транзакции через ТРКС от размера кадра f при скоростях поступления кадров 2500 (3), 5000 (2) и 7500 (1) пакетов/с для шлюзов неоднородной структуры по сравнению с однородной и скорости входных портов шлюза 100 Мбит/с

Полученные зависимости описывают информационно и структурно однородные и неоднородные ТРКС с произвольной топологической структурой и произвольным количеством промежуточных узлов, что позволяет рассчитывать их основные характеристики.

Проведенные расчеты показали, что использование неоднородной структуры (НС) шлюзов по сравнению с однородной (ОС) уменьшает время передачи данных по ТРКС на 8,4...40,9 % при различных размерах пакетов и скоростях поступления 250, 500 и 750 пакетов/с, скорости передачи данных по ТРКС 0,5 Мбит/с и скоростях работы передающей и принимающей локальной сети 10 Мбит/с. При увеличении скорости передачи данных по ТРКС до 1 и 2 Мбит/с уменьшение времени передачи данных при использовании шлюзов с неоднородной структурой по сравнению с однородной составляет соответственно 13,4...47,6 % и 19,2...51,8 %.

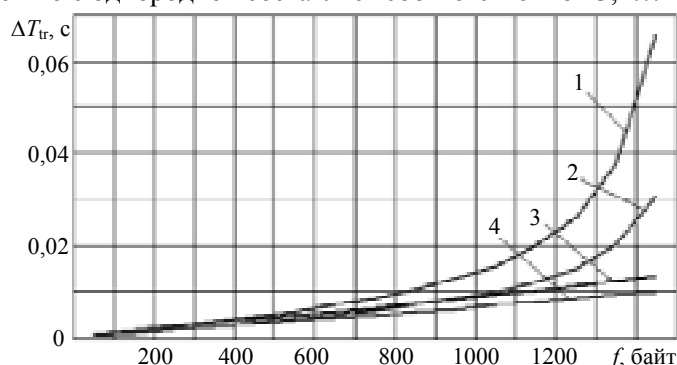


Рис. 6. Зависимости времени транзакции по ТРКС от размера кадра для шлюзов при скорости передачи данных в локальной сети 100 Мбит/с: ОС, 100 Мбит/с, 7500 пакетов/с (1); НС, 100 Мбит/с, 7500 пакетов/с (2); ОС, 100 Мбит/с, 2500 пакетов/с (3); НС, 100 Мбит/с, 2500 пакетов/с (4)

При увеличении скоростей передачи данных в передающей и принимающей ЛКС до 100 Мбит/с и использовании неоднородной структуры шлюза по сравнению с однородной при скоростях передачи данных по интернету 0,5, 1 и 2 Мбит/с и скоростях поступления 250, 500 и 750 пакетов/с уменьшение времени передачи пакета по ТРКС составляет соответственно 9,1...42,1 %, 15,1...49,1 %, 23,1...53,5 % (см. рисунок 5).

Оптимальный размер сетевого пакета при передаче данных через ТРКС — 100...800 байт, т.к. при его увеличении происходит экспоненциальное возрастание времени транзакции через шлюзы и ТРКС в целом.

Таким образом, при малых нагрузках целесообразно применять шлюзы с однородной структурой, что позволяет существенно уменьшить материальные затраты. Шлюзы с неоднородной структурой целесообразно применять при возрастании относительной нагрузки шлюза до 0,6 и более в связи с существенным ростом абсолютной величины времени транзакции.

Литература

1. Шапо, В.Ф. Построение распределенной компьютерной сети судоходной компании / В.Ф. Шапо // Автоматизация судовых технических средств. — 2006. — Вып. 11. — С. 101 — 110.
2. Шапо, Ф.С. Комплексный метод построения территориально распределенных компьютерных сетей / Ф.С. Шапо, В.Ф. Шапо // Тр. Одес. политехн. ун-та. — 2007. — Вып. 1 (27). — С. 109 — 114.
3. Зайченко, Ю.П. Комп'ютерні мережі / Ю.П. Зайченко. — К.: Слово, 2003. — 256 с.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Нестеренко С.А.

Поступила в редакцию 3 декабря 2008 г.
