

УДК 538.945

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМ МАЛОЙ ЕМКОСТИ

В.И. ФАЛАЛЕЕВ, В.К. КОНОПЕЛЬКО

ОАО “СВЯЗЬИНВЕСТ”

П. Бровки, 18, Минск, 220013, Беларусь

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 11 сентября 2003

В статье рассматриваются вопросы оценки качества обслуживания сети на примере простейших коммутационных систем.

Ключевые слова: коммутатор, нагрузка

К системам коммутации малой емкости относятся коммутаторы различного назначения, применяемые на сети абонентского доступа, например, офисные АТС и концентраторы абонентской нагрузки. Емкость таких систем невелика (до сотни портов), а формула коммутационного поля может быть представлена упрощенным соотношением $S \times n$, где S и n соответственно число внутренних и внешних линий. На примере двух типов концентраторов структуры 4×1 и 8×2 определим характеристики качества обслуживания сети.

Если рассматривать оба варианта с точки зрения степени концентрации нагрузки, то она одинакова и равна 4, следовательно, два концентратора 4×1 или один 8×2 могут обслуживать одну и ту же нагрузку. Предоставим обоим вариантам одинаковые условия. Нагрузка на внешние линии — 0,8 Эрл, на внутренние — 0,1 Эрл. Еще одним допущением будет то, что все абоненты будут обслуживаться на равных условиях: количество попыток вызова — без ограничений, время занятия канала — дискретно с кратностью $3600/8=450$ с. Смысл этого допущения заключает в себе суть пространственно-временного подхода, при котором временные интервалы T можно рассматривать как отдельные каналы, т.е. в данном случае их можно называть канальными. Отсюда следует, что одна концентрированная линия будет иметь 8 T -временных интервалов, в каждом из которых может находиться только один абонент или S -абонентов для S -внешних линий. Далее все сводится к простой комбинационной задаче. С вероятностью $P=1$ можно утверждать, что один абонент будет обслуживаться всегда. Шансы второго начинают уменьшаться — в его распоряжении 7 интервалов из 8 при $n=1$. Случай, когда два или более абонентов претендуют на один временной интервал, определим как конфликт. Состояние, при котором невозможна обработка ни одного вызова, определим как блокировка.

Для простоты рассуждений упростим задачу — число абонентов — 4, число интервалов — 4. На рис. 1 представлен вариант занятия четырьмя абонентами четырех возможных временных интервалов, при котором первый абонент (линия 1) занимает внешнюю линию в нулевом канальном интервале, второй — во втором и т.д., что соответствует числу 0231. Это число не имеет конфликтов. Согласно поставленным условиям, вероятна комбинация чисел, при которой все абоненты будут пытаться провести сеанс связи в один момент времени, например, 2222. В этом случае при одной внешней линии будет потеряно три вызова, при двух — два

и т.д. Если отнести количество потерянных $V_T(n)$ вызовов для заданного количества внешних линий n к общему количеству вызовов $V_T(0)$ на входе, то получится статистическая вероятность потерь $P_{bs}(n)$, характеризующая качество обслуживания рассматриваемой системы:

$$P_{bs}(n) = \frac{V_T(n)}{V_T(0)}. \quad (1)$$

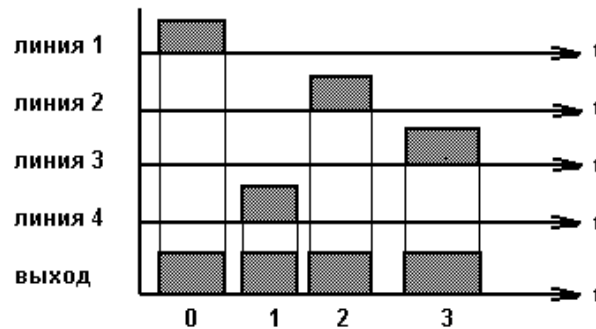


Рис. 1. Временная диаграмма обработки вызовов в системе 4×1

На практике часто используется вероятность обслуженных вызовов P_o , называемая статистикой прохождения и измеряемая в процентах:

$$P_o = (1 - P_{bs}(n))100\%. \quad (2)$$

Измерение этого параметра на реальных сетях зачастую вызывает недоразумения, связанные с методикой его оценки, а именно отождествлению его с отношением числа вызовов с "ответом" к общему числу вызовов — этими двумя аргументами "располагает" узел анализа статистики большинства АТС. Это справедливо при двух условиях. Первое: абонент входящей связи должен находиться на месте (чтобы снять трубку) и второе — он не должен быть занят, что случается не всегда. По этой причине реальные оценки занижены по отношению к расчетным.

Попробуем оценить потери для двух концентраторов. Нетрудно видеть, что числовые комбинации (рис. 1) представляют собой последовательный перебор чисел в четверичной системе счисления. Отсюда следует, что анализ блокируемости пространственно-временной (ST) коммутационной системы следует вести в системе счисления с основанием T . В этом случае решение сводится к перебору всех возможных комбинаций входных линий S и подсчету потерянных вызовов в каждой из них. Реализация этого несложного алгоритма иллюстрирует рис. 2, где приводится результат работы программы "два концентратора". Левый столбец есть число n (1), правый — $V(n)$. Очевидно, что при $n=0$ (внешних линий нет) потери будут равны количеству поступивших вызовов, а для $n=S$ блокировок нет и потери равны нулю.

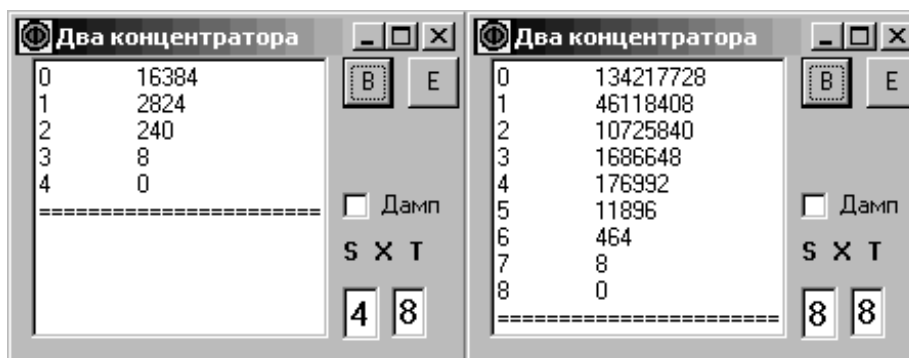


Рис. 2. Потери в системах 4×8 и 8×8

Таким образом, для схемы включения 4×8 рис. 2 при $n=1$, согласно (1), потери равны:

$$P_{BS}(1) = \frac{2824}{16384} \approx 0,172, \text{ а для схемы } 8 \times 8 \text{ при } n=2 \text{ } P_{BS}(2) = \frac{10725840}{134217728} \approx 0,08$$

и будут более чем в два раза меньше.

Увеличим нагрузку на входные линии в два раза. Физически это означает увеличение длительности занятия линии в два раза, т.е. $T=4$ для обеих систем (рис. 3).

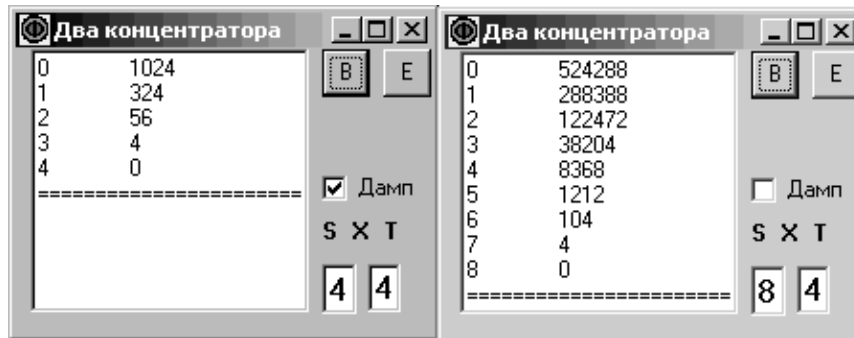


Рис. 3. Потери в системах 4×4 и 8×4

Из рис. 3 следует, что потери для схем 4×4 и 8×8 соответственно составят $324/1024=0,32$ и $122472/524288=0,23$. Таким образом, для схемы 4×4 имеем двухкратное увеличение потерь, для 8×8 — четырехкратное. Определим аналитическую зависимость роста потерь от входной нагрузки. Пусть задано некоторое число в T -ричной системе счисления с разрядностью S :

$$T_1 T_2 \dots T_S \quad (3)$$

Количество возможных комбинаций этого числа будет T^S и общее число вызовов составит:

$$V_N(0) = S \cdot T^S, \quad (4)$$

в чем нетрудно убедиться, подставив соответствующие значения из рис. 2, 3. Определить $V_T(n)$ несколько сложнее. Для этого представим (3) в следующем условном формате:

$$C_1 C_2 \dots C_{n+1} X_1 X_2 \dots X_{S-n-1}, \quad (5)$$

где $C_1 \dots C_n$ — некоторые совпадающие константы или неизменяемая часть формата, а $X_1 \dots X_{S-n}$ — некоторые несовпадающие между собой и с константами переменные или изменяемая часть формата. Уместно напомнить, что n — число внешних линий, при котором количество совпадающих символов всегда будет на единицу больше, что объясняет значения индексов в константах и переменных (например, при $n=2$ потери начинаются с трех констант). Порядок следования C и X в формате может быть произвольным, следовательно, количество комбинаций $K_S(n)$ при фиксированных значениях C и X составит

$$K_S(n) = \left\{ \begin{matrix} S \\ S-n-1 \end{matrix} \right\} \equiv \frac{S!}{(n+1)!(S-n-1)!}. \quad (6)$$

Применяя (3), (4) к изменяемой части при произвольных C ($C=T$), общее количество комбинаций $K_T(n)$ будет

$$K_T(n) = T \cdot K_S(n) \cdot (T-1)^{S-n-1}. \quad (7)$$

Выражение в скобках уменьшено на единицу по причине того, что одно из чисел поля T уже используется в неизменяемой части формата. В соответствии с (7) вычислим $V_8(7)$ для системы 8×8 (рис. 2):

$$K_8(7) = 8 \cdot \begin{Bmatrix} 8 \\ 0 \end{Bmatrix} \cdot 7^0 = 8 \equiv V_8(7),$$

аналогично для $n=6$:

$$K_8(6) = 8 \cdot \begin{Bmatrix} 8 \\ 1 \end{Bmatrix} \cdot 7^1 = 448.$$

Сравнивая его с $V_8(6)$ из рис. 2, видим, что эти значения не совпадают. Причина заключается в том, что (7) не учитывает потери вызовов для значений n , больших текущего. Действительно, при шести внешних линиях для формата "CCCCCCX" потери составят 448 вызовов, но не исключена комбинация формата "CCCCCC". Таких комбинаций возможно 8 и каждая теряет при $n=6$ два вызова. В данном случае к полученному значению 448 следует добавить удвоенные потери от $V_8(7)$, следовательно, общая формула потерь будет иметь вид

$$V_T(n) = \sum_{i=1}^{S-n} (S-n-i+1) \cdot K_T(S-i). \quad (8)$$

Формула справедлива для $n < S$. Подставляя (6), (7) в (1) с несложными преобразованиями, получим окончательное выражение для вероятности потерь:

$$P_{BS}(n) = \frac{\sum_{i=0}^{S-n-1} (S-n-i) \cdot \begin{Bmatrix} S \\ i \end{Bmatrix} \cdot (T-1)^i}{S \cdot T^{S-1}}. \quad (9)$$

Выражение под знаком суммы представляет собой произведение трех функций, изображенных на рис. 4, — линейной (1), биномиальной (2) и обратно-показательной (3). Результирующая кривая потерь (4) имеет четко выраженные две зоны, которые можно определить как области больших и малых потерь. Нетрудно видеть, что граница между ними приблизительно определяется половинным значением S , при котором биномиальная составляющая достигает максимума.

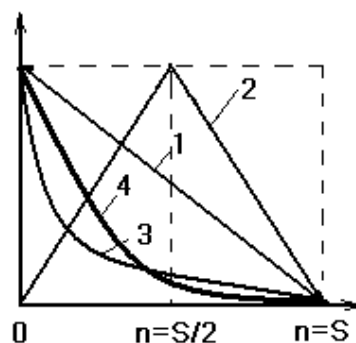


Рис. 4. Функции формулы потерь

В грубом приближении кривую 4 можно аппроксимировать двумя линейными функциями с точкой излома, определяемой из (9) по критерию максимально допустимых потерь. Например, при потерях 0,1 % (один промиле) система 8×8 может работать с минимум четырьмя

внешними линиями, т.е. $P(4)=0,001$. Для больших потерь, в частном случае, когда $n=0$, числитель (9) преобразуется к биному Ньютона и вероятность становится равной единице. В области малых потерь увеличение n снижает потери незначительно, следовательно, как это было показано в [1–2], существуют реальные возможности оптимизации аппаратных затрат по заданному критерию потерь. Влияние удельной нагрузки T на потери находится в такой же показательной зависимости, что и $P(n)$.

Применение (9) может оказаться полезным для оценки времени задержки в системах коммутации с ожиданием. Принцип ожидания предполагает повтор попытки вызова после одной или нескольких неуспешных. Для рассмотренной системы 4×4 (рис. 3) формулировка ожидания будет такой: некоторый абонент S_i с вероятностью (2) $1-324/1024$ сможет работать в первом канальном интервале, и в неуспешном случае при повторе попытки его шансы возрастут до $1-56/1024$, при третьей — до $1-4/1024$...

Любопытным следствием принципа ожидания является его применение в управляющих устройствах систем коммутации. Устройства управления, обслуживающие коммутационное поле в пакетном режиме, способны обслужить некоторое количество пакетов в заданный интервал времени, называемый циклом сканирования. Превышение этого количества вызывает перегрузку вычислительной системы, что приводит к потере пакетов и в некоторых случаях вызовов. Если предусмотреть режим ожидания, то, как было только что показано, в значительной мере можно снизить вероятность переполнения управляющего устройства. Таким образом, режим ожидания в теории систем связи будет эквивалентен организации очередей заданий применительно к вычислительным системам.

THE SPACE-TIME METHOD OF SERVICE QUALITY ESTIMATION OF THE SMALL CAPACITY SWITCHING SYSTEMS

V.I. FALALEEV, V.K. KONOPELJKO

Abstract

The questions of service quality estimation on example of the elementary switching systems are considered in article.

Литература

1. Фалалеев В.И. // Изв. Белор. инж. акад. 2000. № 1/1.
2. Фалалеев В.И. // Докл. БГУИР. 2003. Том 1, № 1. С. 136–138.