

С.И. Олзоева, С.В. Тэлина, Д.Г. Балбарова

СПОСОБ РАСЧЕТА ЕМКОСТИ БУФЕРНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Аннотация.** Рассматривается способ расчета емкости буферного накопителя коммутационных узлов для сетей ЭВМ, не требующий задания конкретных функций распределения поступающего потока сообщений и длительностей обработки на узле. Предлагаемый способ позволяет рассчитать требуемое значение емкости буферных накопителей, используя средние значения интенсивности поступающих потоков и продолжительности обработки сообщений.

**Ключевые слова:** сети ЭВМ, коммутационные системы, вероятности потери сообщений, буферный накопитель, информационные пакеты, интенсивности потоков, обработка пакетов, прямоугольные импульсы, переполнение.

**Введение**

Вероятность потери информационных пакетов из-за переполнения буферных накопителей коммутационных систем в сетях ЭВМ зависит от производительности узла, емкости буферного накопителя  $n$ , а также от интенсивности потока сообщений, поступающего на данный узел. В теории массового обслуживания такие характеристики наиболее просто удается получить для случая пуассоновского входного потока и экспоненциального распределения длительностей обслуживания. Так, вероятность потери заявки  $P(r)$  при ограниченной очереди определяется:

$$P(r) = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{r+1}} \rho^r$$

где  $\rho$  — нагрузка системы,  $r$  — величина допустимой очереди. Тогда как в реальных системах функции распределения поступающего трафика и обработки на узлах не всегда являются экспоненциальными [1].

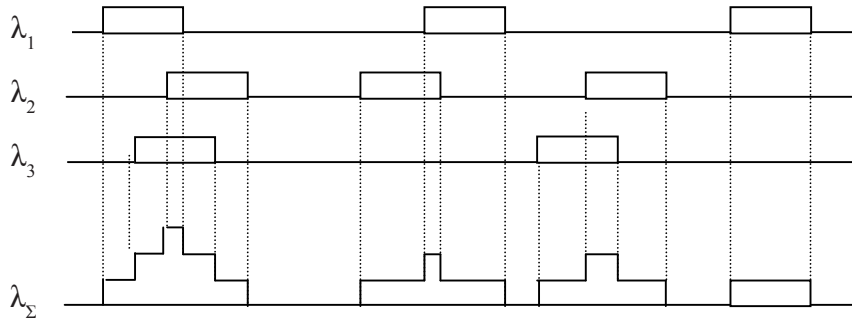
Предлагаемый способ позволяет определить необходимую емкость буферного накопителя располагая знанием лишь средних интенсивностей потоков, поступающих на узел и средней длительности обработки пакетов узлом. через определение вероятности потери пакетов из-за переполнения буфера с заданной величиной допустимой очереди.

**1. Математическая модель процесса функционирования коммутационного узла**

Обозначим через  $\bar{\tau}_j$  среднюю длительность обработки пакетов. Для каждого потока поступающего на коммутационный узел, зададим условный поток обслуживания, как поток прямоугольных импульсов с единичной амплитудой, где  $\lambda_i$  — интенсивность  $i$ -го поступающего потока соответствует частоте следования импульсов, а средняя длительность обработки пакетов на узле  $\bar{\tau}$  — средней длительности импульсов.

Поток прямоугольных импульсов характеризуется коэффициентом заполнения потока  $\eta_i = \lambda_i \bar{\tau}$ , который в нашем случае выступает коэффициентом занятости узла обслуживанием  $i$ -го потока. Поскольку на узел поступает несколько потоков с различными интенсивностями, образуется наложение потоков, причем сообщение, поступившее в узел во время занятости узла, ожидает в очереди, либо теряется из-за переполнения очереди. Для определения вероятности потери пакетов из-за переполнения буферного накопителя узла рассмотрим характеристики суммарного потока, образованного наложением потоков обработки пакетов (рис. 1).

Наложение потоков обработки пакетов



При суммировании  $M$  потоков с единичными амплитудами амплитуда суммарного потока измеряется в пределах  $0 \leq K \leq M$ . Нулевое значение амплитуды ( $K=0$ ) означает отсутствие поступления сообщений на узел в данный момент времени. Изменение величины амплитуды  $K$  в пределах  $2 \leq K \leq M$  соответствует поступлению на узел  $K-1$  сообщений различных потоков во время занятости узла.

Каждый амплитудный  $K$ -й уровень такого суммарного потока характеризуется определенным распределением длительностей импульсов и пауз. Для характеристики импульсов и пауз на  $K$ -м уровне суммарного потока можно каждому уровню поставить в соответствие поток прямоугольных импульсов единичной амплитуды, у которого распределения длительностей и пауз равны соответствующим распределениям импульсов и пауз на  $K$ -м уровне суммарного потока.

Тогда поток импульсов на каждом уровне суммарного потока характеризуется коэффициентом заполнения потока  $\eta_S^{(K)}$ , который соответствует вероятности поступления на узел  $K$  и более сообщений.

Пауза суммарного потока:  $\eta_S^{(0)} = 1 - \eta_S^{(1)}$  определяется как вероятность не поступления на узел ни одного сообщения. Коэффициенты заполнения суммарного потока  $\eta_S^{(K)}$  можно записать в виде:

$$\eta_S^{(k)} = \sum_{i=k}^M \binom{M}{i} \prod_{l=1}^i \eta_{lr} \prod_{j=1}^{M-i} q_{jr}$$

где  $q_j = 1 - \eta_j$

## 2. Способ решения задачи

Величины  $\eta_j$  принимают значения из интервала (0, 1). Поэтому нормируем значения  $\eta_j$  следующим образом:

$$\eta_j := \eta_j / \sum_{j=1}^M \eta_j$$

Коэффициент заполнения суммарного потока на  $k$ -ом уровне  $\eta_S^{(K)}$  находится как сумма совпадений  $k$  импульсов в  $M$  потоках, совпадений  $k+1$  импульсов в  $M$  потоках, и т.д., совпадений  $M$  импульсов в  $M$  потоках.

Чтобы систематизировать процесс вычисления  $\eta_S^{(K)}$ , получена рекуррентная формула, систематизирующая процесс вычисления и легко реализуемая на ЭВМ:

$$a_M^{(K)} = a_{M-1}^{(K-1)} \eta_K + a_M^{(K-1)} q_K \quad (1)$$

при начальных значениях:

$$\begin{aligned} a_0^{(0)} &= 0, a_1^{(0)} = 0, a_2^{(0)} = 0, \dots, a_M^{(0)} = 0 \\ a_0^{(1)} &= 1 - \eta_1, a_1^{(1)} = \eta_1, a_2^{(1)} = 0, \dots, a_M^{(1)} = 0 \\ &\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ a_0^{(M)} &= 1 - \eta_M, a_1^{(M)} = \eta_M, a_2^{(M)} = 0, \dots, a_M^{(M)} = 0 \end{aligned}$$

Величины  $\eta_S^{(K)}$  имеют смысл вероятности поступления на узел  $K$  и более сообщений, используя эти величины, определим вероятность поступления на узел ровно  $K$  сообщений,  $K=0, \dots, M$ . Итак:

$$P_{(0)} = 1 - \eta_S^{(1)} \quad \text{— вероятность не поступления на узел ни одного сообщения};$$

$$P_{(K)} = \eta_S^{(K)} - \eta_S^{(K+1)} \quad \text{— вероятность поступления на узел } K \text{ сообщений};$$

$$P_{(M)} = \eta_S^{(M)} \quad \text{— вероятность поступления на узел } M \text{ сообщений}.$$

Приведенные значения  $P_{(K)}$  имеют смысл вероятностей состояний узла сети, поскольку в каждый произвольно взятый момент времени имеет место только одно из этих состояний. Следовательно, имеем полную систему событий, для которой сумма вероятностей событий равна единице:

$$\sum_{i=0}^M P_{(i)} = 1 - \eta_S^{(1)} + \eta_S^{(1)} - \eta_S^{(2)} + \dots + \eta_S^{(M-1)} - \eta_S^{(M)} + \eta_S^{(M)} = 1$$

Если емкость буферного накопителя узла меньше  $M$ , то сумма вероятностей состояний  $P_{(K)}$  для  $K = n_j + 1, \dots, M$  определит вероятность потери сообщений из-за переполнения очереди. То есть:

$$\sum_{i=n_j+1}^M P_{(i)} = \eta_S^{(n_j+1)} - \eta_S^{(n_j+2)} + \dots + \eta_S^{(M)} = \eta_S^{(n_j+1)}$$

Аналогично вероятность того, что на узле сети не произойдет отказа в обслуживании, есть:

$$\sum_{i=0}^{n_j} P_{(i)} = 1 - \eta_S^{(1)} + \dots + \eta_S^{(n_j)} - \eta_S^{(n_j+1)} = 1 - \eta_S^{(n_j+1)}$$

Рассчитывая на ЭВМ по формуле (1) коэффициенты заполнения суммарного потока  $\eta_S^{(K)}$ , можно определить по достаточно малым значениям вероятностей отказа требуемое значение емкости буферного накопителя. В данном случае это будет значение величины  $M$ .

### **Заключение**

Рассмотренный способ расчета вероятностей потери пакетов на коммутационном узле не требует первоначального задания конкретных функций распределения моментов поступления сообщений и функций распределения длительностей обслуживания на узле. Достаточно иметь средние интенсивности потоков и среднюю продолжительность обслуживания сообщений. Предлагаемый алгоритм позволяет однозначно рассчитать требуемое значение емкости буферных накопителей при проектировании коммутационных систем.

### **Список литературы:**

1. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. — М.: Мир, 1979, — 600 с.

### **References (transliteration):**

1. Kleynrok L. Vychislitel'nye sistemy s ocheredyami. — М.: Mir, 1979, — 600 s.