

# ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ГОЛОСОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО IP-СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ DCME

Гнатив А.М.

Московский физико-технический институт  
141700, г. Долгопрудный Московской области, Институтский пер., д.9, кафедра ТСС

Стремительный рост популярности всемирной сети Интернет и фактически повсеместное использование протокола IP (Internet Protocol) оказали серьезное влияние на тенденции развития телекоммуникаций и привели к появлению большого числа новых технологий. В последнее время, например, очень много говорится о конвергенции традиционных сетей с коммутацией каналов с сетями с коммутацией пакетов с использованием протокола IP. Различные производители начинают поставлять на рынок оборудование, облегчающее построение и планирование таких объединенных сетей. Одним из типов такого оборудования является оборудование уплотнения цифровых каналов DCME (Digital Circuit Multiplication Equipment) с последующей пакетизацией информации и передачей ее по сетям пакетной коммутации с использованием протокола IP, в частности, по сетям Internet. Само оборудование DCME применяется для уплотнения речевой информации, поступающей из ТФОП.

Однако, вследствие новизны и технических особенностей некоторых применяемых в оборудовании методов компрессии речи, а также вследствие все более возрастающей сложности применяемых для передачи речи сетей, закономерно возникают определенные трудности при планировании и организации сетей связи с использованием оборудования DCME [1]. Одним из важнейших параметров, определяющих качество передачи голосовой информации, являются временные задержки, как алгоритмические, так и системные, буферные. В IP сетях вопрос о временных задержках также имеет огромное значение, что обуславливается проблемами, специфическими для протокола IP при передаче голосовой информации.

В данном докладе рассматривается модель для описания организации связи между терминалами DCME. С ее помощью проводится оценка вероятностного распределения временных задержек при передаче голосовой информации между терминалами по IP сети.

В литературе по теории массового обслуживания [2,3] рассматривается несколько математических моделей, описывающих процессы обработки пакетов информации. Для упрощения математических вычислений и выкладок рассмотрим однородную марковскую цепь, состоящую из двух состояний. Для дальнейшего исследования распределения задержек можно также применять и более сложные модели, которые более точно описывают разговоры абонента и поведение системы.

Рассматриваются два абонента, А и В, каждый из которых в любой момент времени либо говорит, либо молчит (разговаривают по очереди, без пауз и промежутков тишины между фразами). Вероятности перехода из одного состояния в другое показаны на рис.1. Ось времени разбивается на равные отрезки (фреймы), в которых передаются пакеты информации.

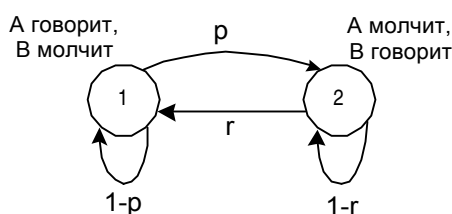


Рис.1 Два состояния модели

Поскольку посылки пакетов информации описываются однородной марковской цепью, то разговор каждого абонента можно считать независимым испытанием Бернулли. Тогда вероятность того, что в системе находится  $k$  пакетов и разговаривает  $m$  абонентов будет равна

$$P_k = C_n^m q^k (1-q)^{n-k}, \text{ где } q - \text{вероятность посылки абонентом непустого пакета.}$$

Будем считать, что пакеты от  $i$ -го терминала прибывают в моменты времени  $t_i = nh + i\ell$ . Здесь  $h$  – размер фрейма,  $\ell$  – длина пакета,  $n=0,1,2,\dots$  – число фреймов. Будем считать также, что терминал оборудован буфером, работающим по принципу FIFO (первый вошел, первый вышел). Для простоты предполагаем, что в каждый момент времени терминал обрабатывает один пакет. Если терминал занят обработкой пакета, содержимое буфера помещается в очередь. Предполагается также, что поведение абонентов не зависит от состояния буфера и очереди.

Считая, что пакеты приходят в буфер с вероятностью  $p$ , и обозначая через  $\tau_i=1$  и  $\tau_i=0$  соответственно успешный и неуспешный исходы прихода каждого пакета, можно записать

$$P(\tau_i=1) = p, P(\tau_i=0) = 1-p$$

Обозначим вероятность того, что время обработки одного пакета  $S = j$  через

$$P(S=j) = S_j, j = 1,2,3,\dots$$

Понятно, что время, необходимое для обработки вновь пришедшего пакета, зависит от текущего состояния буфера, а также от времени обработки пакетов, находящихся в очереди. Пусть  $W_n$  – время,

требующееся для обработки  $n$  пришедших пакетов (статус очереди). Рекуррентное соотношение для времени  $W_{n+1}$  тогда можно записать в виде

$$W_0 = 0, \\ W_{n+1} = \max(0, W_n - \ell) + \tau_{n+1} S$$

Как и всегда при решении подобных задач, нас интересует стационарное, установившееся состояние очереди и системы при  $n \rightarrow \infty$ . Положив

$$W = \lim_{n \rightarrow \infty} W_n, \quad \omega_{j,n} = P(W_n = j) \text{ и } \omega_j = \lim_{n \rightarrow \infty} \omega_{j,n}$$

можно получить следующее рекуррентное соотношение для вероятности задержки:

$$\omega_0 = (1-p) \sum_{i=0}^{\ell} \omega_i,$$

$$\omega_j = (pS_j \sum_{i=0}^{\ell} \omega_i) + (\sum_{i=1}^{j-1} pS_{j-i} \omega_{\ell+i}) + (1-p) \omega_{\ell+j}, \quad j = 1, 2, 3, \dots$$

В [4] показано, что в общем случае средняя задержка при передаче по каналу связи равна

$$\Delta = \frac{3/4 - \rho/2}{1 - \rho} * \mu, \quad \text{где } 0 < \rho < 1 - \text{ загрузка системы, а } \mu - \text{ время передачи одного пакета по каналу связи.}$$

Вообще, временная задержка является функцией нескольких параметров, таких как пропускная полоса канала  $C$ , длина пакета  $\ell$ , длина заголовка  $h$ , скорость посылки битов терминалом  $B$ , число одновременно говорящих абонентов  $m$ .

$$\Delta = \frac{\ell + h}{C} * \frac{\ell[0.75 - mB/4C] - mBh/4C}{\ell[1 - mB/2C] - mBh/2C}$$

Приведенные в докладе модель и способ исследования временных задержек при передаче голосовой информации позволяет создать новые подходы, упорядочить и упростить планирование и строительство сетей для предоставления голосовых услуг с применением протокола IP.

#### Литература

1. Гнатив А.М. Проблемы передачи трафика по цифровым сетям с использованием аппаратуры уплотнения DCME // Труды LV Научной сессии «Радиотехника, электроника и связь на рубеже тысячелетия», посвященной Дню радио. 17-19 мая 2000 г., г. Москва. С. 139-140.
2. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания, 1987.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания, 1979.
4. D. Minoli, E. Minoli. "Delivering Voice over IP Networks", 1998, p.97-102.



### **PROBABILISTIC EVALUATION OF DELAY DISTRIBUTION WHEN TRANSMITTING A VOICE TRAFFIC OVER IP NETWORK USING THE DCME EQUIPMENT**

Gnativ A.

The Moscow institute of physics and technology

141700, Dolgoprudny, Moscow region, 9 Institutsky pereulok, department of telecommunication networks and systems

The fast growth of popularity of the Internet and actually ubiquitous usage of IP protocol seriously influence on the tendency of telecommunications development and have resulted in emerging a large number of new technologies. Recently, for example, it is spoken a lot about a convergence of traditional circuit switched networks and packet switched networks which are using the IP protocol. The various vendors begin to deliver to the market the equipment which is facilitating planning and construction of such integrated networks. One of the types of such equipment is the DCME equipment (Digital Circuit Multiplication Equipment), which is used with subsequent packetization of information and transferring it via the IP network, in particular, through the Internet. The DCME itself is used for compressing a voice information arriving from PSTN,

However, due to novelty and technical peculiarities of some compression methods, used in the equipment, and also owing to more and more growing complexity of networks, naturally there are certain difficulties when planning and organizing of voice networks with usage of the DCME equipment [1]. One of the major parameters which are defining the quality of voice traffic are delays, both algorithmic and system, and buffer delays. In IP networks the problem of delays also has huge significance, what is caused by issues specific to IP protocol when transmitting a voice information.

The model of communication between DCME terminals is considered in the given report. With the aid of this model the probabilistic evaluation of delay distribution while transferring a voice traffic between terminals connected with IP network is carried out.

Several mathematical models for description of packet processing are considered in the literature on queueing theory [2,3]. For simplification of calculations we shall consider a homogeneous Markov chain consisting of two states. It is possible also to apply more complicated models which more precisely describe speaker's and system behaviour for further investigations of delay distribution.

Two speakers are considered, A and B, each of them either speaks or is silent at any moment. The probabilities of transition from one state to another are shown on the Figure 1. A time-slotted environment in which the speech takes place is assumed.

As the supplying packets is described by a homogeneous Markov chain, it is possible to consider the talk of each speaker as independent Bernoulli trial. Then the probability that there are  $k$  packets and  $m$  speakers in a system will be equal

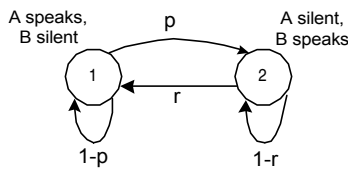


Figure 1. Two-state model

$P_k = C_n^m q^k (1-q)^{m-k}$ , where  $q$  is probability of supplying a nonempty packet.

Let's consider, that packets from  $i$ -th terminal arrive at instants  $t_i = nh + i\ell$ . Here  $h$  is a size of the frame,  $\ell$  - length of a packet,  $n = 0, 1, 2, \dots$  - number of the frames. Let's consider also, that the terminal is equipped with the buffer operated in first in, first out (FIFO) mode. For a simplicity it is assumed, that at any instant the terminal processes one

packet. If the terminal is occupied with a nonempty packet, the contents of the buffer is placed in queue. It is supposed also, that the behaviour of the speakers does not depend on a buffer status.

Let's consider, that the packets come in the buffer with probability  $p$ , and let's designate  $\tau_i = 1$  and  $\tau_i = 0$  accordingly successful or unsuccessful outcomes of packet arrival, that is to say  $P(\tau_i=1) = p$ ,  $P(\tau_i=0) = 1-p$

Let's assume the probability of the fact that the service time per packet  $S = j$  is  $P(S=j) = S_j$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots$

It is clear, that the service time for a new packet depends on a current buffer status and also on time of processing of packets which were in queue. Let's  $W_n$  is the time required for the processing of  $n$  arrived packets.

Recurrence relation for time  $W_{n+1}$  then can be noted as  $W_0 = 0$ ,  $W_{n+1} = \max(0, W_n - \ell) + \tau_{n+1} S$

We are interested in finding a steady state solution when  $n \rightarrow \infty$ . So assuming that

$$W = \lim_{n \rightarrow \infty} W_n, \quad \omega_{j,n} = P(W_n = j) \quad \text{и} \quad \omega_j = \lim_{n \rightarrow \infty} \omega_{j,n}$$

it is possible to obtain the following recurrent relation for probability of delay:

$$\omega_0 = (1-p) \sum_{i=0}^{\ell} \omega_i,$$

$$\omega_j = (pS_j \sum_{i=0}^{\ell} \omega_i) + \left( \sum_{i=1}^{j-1} pS_{j-i} \omega_{\ell+i} \right) + (1-p) \omega_{\ell+j}, \quad j = 1, 2, 3, \dots$$

In [4] it is shown, that generally average delay is equal

$$\Delta = \frac{3/4 - \rho/2}{1 - \rho} \mu, \quad \text{where } 0 < \rho < 1 \text{ - utilization of the system,}$$

and  $\mu$  is a transmission service time for a packet.

Generally, the delay is a function of several parameters, such as a bandwidth of the channel  $C$ , length of a packet  $\ell$ , length of the header  $h$ , rate of a bit supplying by the terminal  $B$ , number of simultaneous speakers  $m$ .

$$\Delta = \frac{\ell + h}{C} \frac{\ell[0.75 - mB/4C] - mBh/4C}{\ell[1 - mB/2C] - mBh/2C}$$

The model and the method of investigation of delay distribution considered in the report allows to create the new approaches, to simplify planning and construction of networks for granting voice services with application of IP protocol.

#### References

1. A. Gnativ "Problems of voice traffic transmission on digital networks using a DCME equipment". Proceedings of LV Scientific session "Radio Engineering, electronics engineering and communication on a boundary of millennium". May 17-19, 2000, Moscow. p. 139-140.
2. B. Gnedenko, I. Kovalenko "Introduction in queueing theory", 1987.
3. L. Kleinrok "Queueing theory", 1979.
4. D. Minoli, E. Minoli. "Delivering Voice over IP Networks", 1998, p.97-102.