Уфа: УГАТУ, 2003 Вестник УГАТУ Т. 4, № 1. С. 117–123

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ И ДОКЛАДЫ • ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМОТЕХНИКА

УДК 621.391

А. Х. СУЛТАНОВ, Ш. Р. НИЗАМОВ

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Исследуются проблемы эффективности использования корпоративных сетей связи. Уделяется внимание современным средствам передачи информации и раскрываются особенности их использования в сети аэронавигации. Предлагается идея выделения части полосы пропускания для использования в коммерческих целях. Исследуется возможность использования методов управления, основанных на статистической информации загрузки канала связи.

Телекоммуникации; корпоративные сети связи; сети связи; протоколы передачи данных; адаптивное управление

ВВЕДЕНИЕ

Ведомственная корпоративная сеть гражданской авиации в настоящий момент представлена отдельными, экономически самостоятельными предприятиями, обслуживающими телекоммуникационное оборудование и каналы связи передачи аэронавигационного трафика на основе протоколов передачи данных, установленных ИКАО, такими как AFTN, CIDIN, AMHS. В то же время новые достижения науки и техники позволяют организовать на корпоративных сетях новые дополнительные услуги связи за счет увеличения эффективности использования существующего, а также внедряемого нового оборудования и каналов связи, что является экономически целесообразным в настоящий момент.

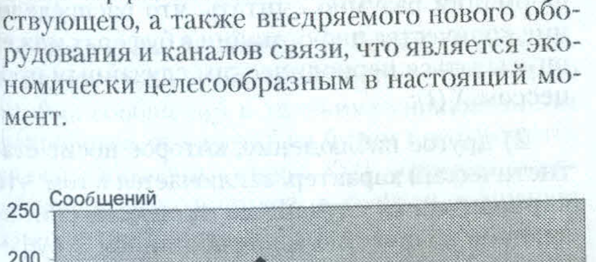

Рис. 1. Реализации интенсивности исходящего трафика (количество)

Хотя корпоративная сеть гражданской авиации в первую очередь предназначена для передачи служебной аэронавигационной информации, ее инфраструктура может быть использована для дополнительного информационного потока или коммерческого трафика с изменяемой полосой пропускания. Очевидно, что чем больше полоса пропускания коммерческого трафика и лучше качество обслуживания, тем большую привлекательность провайдер этих услуг имеет на рынке услуг. В то же время на полосу пропускания в аэронавигационной сети накладывают ограничения процедуры аэронавигационных протоколов. Таким образом, возникает задача оптимального баланса полосы пропускания между служебным трафиком сети и дополнительным информационным потоком.

1. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

В аэронавигационных сетях связи, кроме особенности распределения служебного трафика по приоритетам, существует суточное распределение, специфичное для каждого центра. Пик приходится на время максимальной активности центра, а также на время активности соседних центров в сети при альтернативной маршрутизации.

Особенности географического расположения страны и наличие множества часовых поясов приводят к временному сдвигу активности центров относительно принятого в сети единого времени UTC.

Пример для нескольких реализаций интенсивности исходящего трафика для одного из Центров коммутации сообщений (ЦКС) по количеству сообщений представлен на рис. 1, реализации интенсивности исходящего трафика по объему представлен на рис. 2.

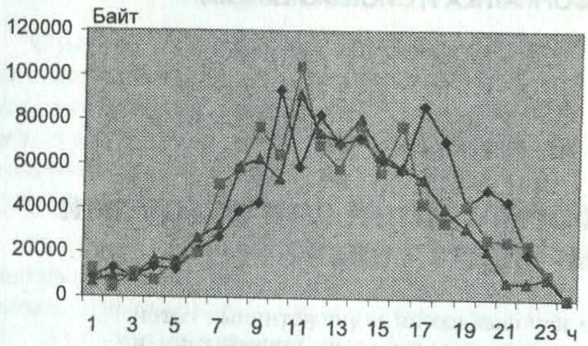

Рис. 2. Реализации интенсивности исходящего трафика (объем)

2. МЕТОДЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ

В общем случае схема адаптивного управления дополнительным информационным потоком на основе априорных статистических данных служебного потока сообщений представлена на рис. 3. На данной схеме $X(t)$ — собственный суммарный поток центра коммутации сообщений, особенности которого будут описаны далее; $Y(t)$ — дополнительный информационный поток, объем или скорость передачи которого находится в прямой зависимости от собственного суммарного потока системы. В качестве размерности потока сообщений будем рассматривать полосу пропускания.

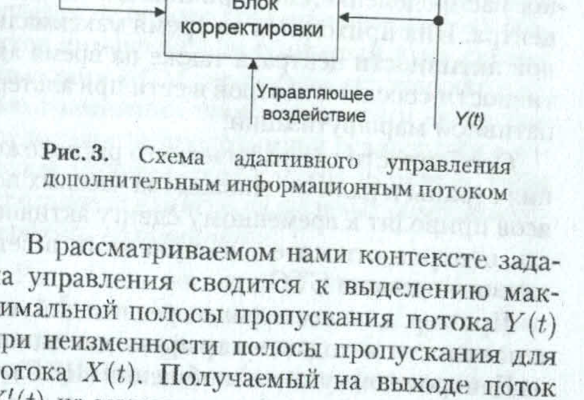

Рис. 3. Схема адаптивного управления дополнительным информационным потоком

В рассматриваемом нами контексте задача управления сводится к выделению максимальной полосы пропускания потока $Y(t)$ при неизменности полосы пропускания для потока $X(t)$. Получаемый на выходе поток $X'(t)$ не может превышать значения полосы пропускания, установленного для используемой линии связи.

На схеме под управляющим воздействием будем понимать эксперта, принимающего решение о выставлении тех или иных характеристик процесса корректировки. Блок корректировки на основе текущей и статистической информации оказывает воздействие на блок вычислений, который в свою очередь регулирует величину полосы пропускания для дополнительного информационного потока.

Применительно к аэронавигационной сети в качестве потоков данных $X(t)$ будем рассматривать поток сообщений протокола AFTN (применительно к магистрали сети протокол CIDIN); в качестве $Y(t)$ — какой-либо дополнительный информационный поток, например система «Сирена», SITA; в качестве физического устройства, выполняющего функции корректировки, будем рассматривать шлюз CIDIN/AMHS.

Выделим те черты реальной системы приема и обработки информации, которые рассматриваются в данной статье:

1) характерной особенностью рассматриваемой ниже модели является предположение, и это подтверждается на практике, что процесс приема, обработки и передачи информации в каждом отдельном узле носит случайный, почти периодический характер, равный суткам. Поэтому объем информации, т. е. количество сообщений, находящихся в буферах, будем считать случайной величиной, зависящей от времени. Следовательно, в силу периодичности изменения объема информации разумно считать, что распределение количества информации в буферах может описываться периодическим случайным процессом $X(t)$;

2) другое наблюдение, которое носит статистический характер, заключается в том, что периодические случайные процессы, описывающие количество необработанной в буферах информации, существенно разнятся при переходе от одного узла к другому. В реальности это означает, что в то время как в одних узлах в буферах накапливается чрезмерный объем информации, в других узлах, напротив, данные могут быть уже обработаны и переданы. Фактически это означает, что процесс приема/передачи информации носит статистически нерегулярный характер;

3) сама информация, как это было показано выше, подразделяется по степени срочности на несколько категорий. Поэтому на процесс приема/передачи информации может существенно влиять степень загруженности канала связи;

4) в случае, когда канал связи загружен частично, центр может использовать часть полосы пропускания для передачи дополнительного информационного потока. Тогда возникает вопрос о времени и объеме передаваемого дополнительного информационного потока.

Одной из особенностей аэронавигационного трафика является наличие приоритетов и, как следствие, различное время ожидания в передаче информации. В общем случае время ожидания обслуживания не должно превышать некоторой установленной величины:

$$W_r \leq W_{r\,\max}, \tag{1}$$

где $r \in [1, R]$ — значения приоритетов.

Смысл введения ограничения (1) практически заключается в снижении исходной пропускной способности канала связи C до некоторого значения Cu.

Аналитическое доказательство данного ограничения получено в работе [1], основные положения которой приведены ниже. Так, если информационный поток f_u может достигать величины пропускной способности C, то время ожидания w неограниченно возрастает:

$$f_u \to C, \quad w \to \infty, \quad \rho = f_u/C = 1,$$

где ρ — коэффициент загрузки канала связи.

Исследованию случайных процессов посвящено большое количество работ, например [2, 3]. В данной статье большинство теоретических выкладок было основано на работе [4].

Исследуем поведение объема буфера и, следовательно, интенсивность исходящего потока сообщений в телекоммуникационном устройстве, под которым будем предполагать шлюз. Обозначим через $X(t)$ количество сообщений, находящихся в буфере в момент времени t. На основании анализа реализаций можно предположить, что величина $X(t)$ имеет случайный периодический характер.

Определение. Случайный процесс $X(t)$ периодичен (в узком смысле) с периодом T, если его конечномерные распределения тоже являются периодическими функциями с периодом T:

$$P\Big(X(t+T) < x_1, X(t+2T) < x_2, \ldots, X(t+nT) < x_n\Big) = $$
$$= P\Big(X(t+T+MT) < x_1, X(t+2T+MT) < x_2, \ldots, X(t+nT+MT) < x_n\Big).$$

Будем говорить, что случайный процесс $X(t)$ периодичен в широком смысле с периодом T, если математическое ожидание $m(t) = EX(t)$ и корреляционная функция $R(t,s)$ есть периодические функции с периодом T:

$$m(t) \stackrel{def}{=} EX(T) = m(t+T);$$
$$R(t,s) \stackrel{def}{=} E(X(t) - m(t))(X(s) - m(s)) = R(t+T, s+T),$$

где $T = 24$ часа — период. Будем также предполагать эргодичность $X(t)$ в широком смысле, т. е. требуется сходимость средних:

$$\hat{R}(t,s) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}(X_k(t) - \overline{X(t)}) \times (X_k(s) - \overline{X(s)}) \xrightarrow[N\to\infty]{P} R(t,s)$$

для $\forall t, s \in [0, T]$, где $\overline{X(t)} = \frac{1}{N}\sum\limits_{k=1}^{N} X_k(t)$, а случайные процессы $X_k(t)$, $k = 1, 2, \ldots, N$ суть наблюдения за случайным процессом $X(t)$ в k-й день:

$$X_k(t) = X(t + (k-1)T), \quad k = 1, 2, \ldots, N.$$

В дальнейшем считается, что N достат но большое, так что оценка будет достат близка к ковариационной

Очевидно, что можно ог ческое ожидание и ряд други х чи рактеристик периодического про мейству стационарных после $Y(n)$, построенных выше по п случайному процессу $X(t)$.

Применительно к задаче управления п ком считаем, что $X(t)$ — информационное держание буфера в момент времени $t \in$ и необходимо использовать некоторый объем $Y(t), t \in T$ полосы пропускания для дополнительного информационного потока. При этом возникает риск суммарного превышения полосы пропускания, т. е. в какой-то момент времени $t_0 \in T$ может оказаться так, что $X(t_0) + Y(t_0) > C_0$. Риск превышения естественно измерять вероятностью превышения полосы пропускания, т. е. величиной

$$f(Y) = P\left\{\sup_{t\in T}[X(t) + Y(t)] > C_0\right\},$$

и если окажется так, что $f(Y) = \alpha$, где α — достаточно малое число, например $\alpha = 0{,}01$, то тогда такое использование дополнительной полосы пропускания (или дополнительного объема буфера на передачу) можно считать приемлемым. Поэтому далее будем решать следующие задачи:

Задача 1. Качественное исследование зависимости решения $Y(t)$ уравнения $f(Y) = \alpha$ (точнее некоторой оценки $Y(t)$ сверху) от характеристик случайного процесса $X(t)$ в различных моделях для $X(t)$. Точное вычисление вероятности $f(Y)$, как правило, невозможно. Однако в теории случайных процессов строятся оценки сверху для вероятности $f(Y)$ через некоторые энтропийные характеристики случайного процесса $X(t)$. Используя соответствующие неравенства, строим оценки сверху для функции $Y(t)$.

Задача 2. Построение оценки для функции $Y(t)$ по имеющимся наблюдениям за периодическим случайным процессом $X(t)$ на достаточно большом интервале времени через оценивание вероятности $f(Y)$ как эмпирической частоты события A, состоящего в том, что в течение суток будет превышено уста- овленное значение C_0, т.е. строится стати- ическая оценка для функции $Y(t)$ и дается ественное исследование зависимости $Y(t)$ роятностных характеристик случайного са $X(t), t \in T$.

будем рассматривать модели слу- ов $X(t)$, в которых $X(t)$: случайный процесс; оцесс. е модели накладывают от- ьно слабые предположения на рас- ление случайного процесса $X(t)$. Обос- нность использования процессов с «тя- ыми хвостами» в телекоммуникациях, в стности, доказывается в работе [5].

Определение. Случайная величина ξ называется предгауссовской, если существуют такие числа $a \in [0, \infty)$ и $\Lambda \in (0, \infty]$, что для всех $\lambda \in (-\Lambda, \Lambda)$ выполнено неравенство

$$Ee^{\lambda\xi} \leqslant e^{\frac{1}{2}a^2\lambda^2}.$$

Совершенно очевидно, что предгауссовскими оказываются ограниченные, гауссовские, пуассоновские и многие другие случайные величины, а сама предгауссовость означает малость хвостов распределения случайной величины ξ.

Определение. Случайный процесс $\xi(t)$, $t \in T$, называется предгауссовским, если при каждом t случайная величина $\xi(t)$ — предгауссовская. Таким образом, в частности, предгауссовскими будут ограниченные, пуассоновские и гауссовские процессы.

Определение. Случайный процесс $\xi(t), t \in T$, называется Lp-процессом, если при каждом t случайная величина $\xi(t)$ — Lp-интегрируемая, т.е. $E|\xi(t)|^p < \infty, \forall t$.

Применим рассмотренные выше выкладки к информационным процессам в шлюзе. Предположим, что случайный процесс $\xi(t) = X(t) - m(t)$ удовлетворяет сделанным выше предположениям. По своей сути $X(t) = X_1(t) - X_2(t)$, где $X_1(t)$ — входящий суммарный информационный поток, который не может быть обслужен в момент времени t, $X_2(t)$ — суммарный поток собственных сообщений, т.е. обслуженных сообщений. Разобьем временной интервал $T = [0, 24]$ на части $T = T_1 \cup T_2 \cup T_3$, где T_1 — промежуток времени, где $m(t) > C_u$; T_2 — промежуток, где $X(t) = m(t) = 0$; T_3 — оставшаяся часть промежутка.

На промежутке T_1 дополнительный информационный поток не может быть отправлен вовсе, на промежутке T_2 можно использовать всю полосу пропускания для передачи дополнительного информационного потока. Промежуток T_3 требует дополнительного рассмотрения (рис. 4).

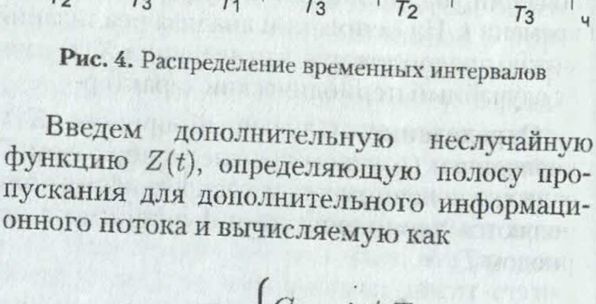

Рис. 4. Распределение временных интервалов

Введем дополнительную неслучайную функцию $Z(t)$, определяющую полосу пропускания для дополнительного информационного потока и вычисляемую как

$$Z(t) = \begin{cases} C_u, & t \notin T_2, \\ C, & t \in T_2. \end{cases} \tag{2}$$

На промежутках T_3 для дополнительного информационного потока используются только временные промежутки $T' \subseteq T_3$, которые могут быть определены из условия малой вероятности превышения полосы пропускания:

$$P\{\sup_{t\in T'}(X(t)+Y(t)>Z(t))\}\le\alpha,$$

где α — малое число, например, $\alpha = 0{,}01$; $Y(t)$ — неслучайная функция, равная части полосы пропускания, используемой для дополнительного информационного потока. Будем искать функцию $Y(t)$ в следующем виде:

$$Y_\Lambda(t) = Z(t) - (1+\Lambda)m(t), \qquad (3)$$

где $\sigma^2(t) = D\xi(t)$. Таким образом, для неизвестной константы Λ получаем следующее определяющее соотношение:

$$P\left(\sup_{t\in T'}\frac{\xi(t)}{m(t)}\geqslant\Lambda\right)\le\alpha. \qquad (4)$$

2.1. Аналитическая оценка порогового значения Λ для Lp-процессов

Для Lp-процессов справедливо следующее вероятностное неравенство [4. С. 120]:

$$P\left\{\sup_{t\in T}|\xi(t)|\geqslant x\right\}\leqslant\left(\frac{B}{x}\right)^p \quad \forall x>0, \qquad (5)$$

где

$$B=\inf_{t\in T}(E|\xi(t)|^p)^{1/p}+\inf_{0<\theta<1}\frac{1}{\theta(1-\theta)}\int_0^{\theta\varepsilon_0}N^{1/p}(\varepsilon)\,d\varepsilon;$$

$$\varepsilon_0=\sup_{t,s\in T}(E|\xi(t)-\xi(s)|^p)^{1/p};$$

$N(\varepsilon)$ — наименьшее количество шаров радиуса ε в псевдометрике

$$\rho(t,s)=(E|\xi(t)-\xi(s)|^p)^{1/p},$$

накрывающих множество T.

Случайный процесс $\frac{\xi(t)}{m(t)}$ является Lp-процессом или предгауссовским, если таковым является случайный процесс $\xi(t)$, поэтому, например, для Lp-процессов имеем

$$P\left(\sup_{t\in T'}\frac{\xi(t)}{m(t)}\geqslant\Lambda\right)\leqslant$$
$$\leqslant P\left(\sup_{t\in T_3}\left|\frac{\xi(t)}{m(t)}\right|\geqslant\Lambda\right)\leqslant\left(\frac{B}{\Lambda}\right)^p$$

и неравенство (5) будет выполнено, если $(B/\Lambda)^p=\alpha$ или при $\Lambda = B/\alpha^{1/p}$. Например, при $p=2$, $\alpha=0{,}01$, $E|\frac{\xi(t)}{m(t)}|^2\le\sigma^2$, $E|\frac{\xi(t)}{m(t)}-\frac{\xi(s)}{m(s)}|^2\le\sigma^2$, $T=[0,1]$ имеем следующую оценку снизу: $\Lambda = 50\sigma$, а множество T' выбираем из условия

$$Y(t) = Z(t) - (1+\Lambda)m(t)\geqslant 0,$$

где величины $m(t)$, σ^2 можно оценить по реализации достаточной длины.

Аналогично, для предгауссовских процессов $\xi(t)$ можно оценить

$$P\left(\sup_{t\in T'}\frac{\xi(t)}{m(t)}\geqslant\Lambda\right)\leqslant 2e^{-\frac{\Lambda}{D}},$$

где константа D определяется по случайному процессу $\frac{\xi(t)}{m(t)}=\xi^*$.

Тем самым при $\Lambda = D\ln(2/\alpha)$ получаем, что вероятность превышения полосы пропускания будет меньше α.

2.2. Аналитическая оценка порогового значения Λ для предгауссовских процессов

Пусть на множестве случайных величин задана преднорма $\Theta(\xi)$, т. е. функция, обладающая свойствами $\Theta(\xi)\in[0,\infty)$, $\Theta(0)=0$, $\Theta(-\xi)=\Theta(\xi)$.

Всякая преднорма определяет предметрику $\theta(t)$ на параметрическом множестве T, равном $\rho(t,s)=\Theta(\xi_t-\xi_s)=\theta(t,s)$, и пусть $\theta(t) = \Theta(\xi_t)$.

Будем говорить, что характеристики предгауссовского процесса ξ_t подчинены преднорме Θ, если для некоторой константы $\gamma>0$

$$Ee^{\lambda\xi t}\le e^{\frac{\lambda^2\theta^2(t)}{2}} \text{ при } |\lambda|\le\gamma\theta^{-2}(t);$$
$$Ee^{\lambda(\xi_t-\xi_s)}\le e^{\frac{\lambda^2\theta^2(t,s)}{2}} \text{ при } |\lambda|\le\gamma\theta^{-2}(t).$$

Обозначим $N(\varepsilon)$ — наименьшее количество шаров радиуса ε в предметрике $\theta(t,s)$, покрывающих множество T, обозначим также $H(\varepsilon)=\ln N(\varepsilon)$ — энтропия множества T. Пусть $\varepsilon_0=\sup_{t\in T}\theta(t)$, $C_0=\sup_{0\le u\le\varepsilon_0}u\sqrt{H(u)}$,

$$\Psi=\Psi(P,B)=$$
$$=\left(1+\max\left\{1,\frac{C_0\sqrt{2B}}{\gamma p}\right\}\right)\int_0^p\sqrt{H(\varepsilon_0 u)}\,du,$$

$$\alpha_1=\frac{\varepsilon_0\Psi}{\sqrt{2}p(1-p)},\quad \alpha_2=\alpha_1+\frac{\gamma}{1-p}\sqrt{1-\frac{1}{B}}.$$

Тогда для всех $p \in (0,1)$, $B > 1$ выполнено неравенство [4. С. 170]:

$$P\left(\sup_{t\in T}|\xi_\Lambda| > x\right) \leqslant \begin{cases} 1, & 0 \leqslant x \leqslant \alpha_1, \\ e^{-\frac{(x-\alpha_1)^2}{8\varepsilon_0^2}}, & \alpha_1 \le x \le \alpha_2, \\ e^{-\frac{\gamma(x-\alpha_1)}{2\sqrt{2}\varepsilon_0^2}}, & \alpha_2 \le x. \end{cases} \quad (6)$$

Оценка (1) позволяет оценить величину Λ так, чтобы

$$P\left\{\sup_{t\in T}\xi_t > \Lambda\right\} \le \alpha,$$

а именно

$$\Lambda^* = \max\left(\alpha_2, \left[\ln\frac{1}{\alpha} + \frac{\gamma^2(1-\frac{1}{B})}{4\varepsilon_0^2}\right] \times \right.$$

$$\left. \times \frac{\varepsilon_0^2}{\gamma(1-p)\sqrt{1-\frac{1}{B}}} + \alpha_1\right).$$

Например, при следующих значениях $p = 1/2$, $B = 2$, $\alpha = 0{,}01$, $b = 1$, $\beta = 1$, $\varepsilon_0 = 1/2$, $\gamma = 2$ получаем $\Lambda^* = 4{,}8$.

В общем случае для предгауссовских процессов также справедлива оценка

$$P\left(\sup_{t\in T}|\xi(t)| \geqslant x\right) \leqslant 2e^{-x/D} \quad (7)$$

$$D = \inf_{t\in T}\|\xi(t)\|_U +$$

$$+ \inf_{N(\theta\varepsilon_0)>e^2-1}\frac{e^2}{\theta(1-\theta)}\int_0^{\theta\varepsilon_0}\ln(1+N(\varepsilon))\,d\varepsilon,$$

где $\varepsilon_0 = \sup\rho(t,s)$, $\rho(t,s) = \|\xi(t)-\xi(s)\|_U$, $N(\varepsilon)$ — наименьшее количество шаров радиуса ε в метрике $\rho(t,s)$, покрывающих множество T. Здесь $\|\xi\|_U$ — норма Люксембурга случайной величины ξ, т. е.

$$\|\xi\|_U = \inf\left\{r > 0|Ee^{|\xi/r|}\right\} \leqslant 2.$$

Для рассматриваемого случайного процесса $X(t)$ очевидно, что $0 \leqslant X(t) \leqslant C$ — полоса пропускания, т. е. случайный процесс $X(t)$ всегда ограничен, тем самым он всегда предгауссовский. Однако для получения хороших оценок вероятностей $P\left(\sup_{t\in T}(X(t)-Y(t)) \geqslant C\right)$ необходимо, чтобы случайная величина $X(t)$, $t \in T$ не имела бы тяжелые хвосты, т. е. вероятности $P(X(t) > u)$ достаточно быстро убывали при росте u даже при относительно небольших u.

2.3. Статистическая оценка порогового значения

Существует также другой подход к определению значения порогового значения, когда величина Λ не вычисляется по вышеприведенной методике, а статистически оценивается по реализациям $X_k(t)$, $k = 1, 2, \ldots, N$.

Положим, $Y_\Lambda(t) = Z(T) - (1+\Lambda)\overline{X(t)}$, $\overline{X(t)} = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} Xk(t)$, $t \in T'$, $T' = \{t|Y_\Lambda(t) \geqslant 0\}$.

Для различных Λ построим величину

$$f(\Lambda) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} 1\left(\exists t \in T' : \right.$$

$$\left. \sup_{t\in T'}\left(X_k(t) + Y_\Lambda(t)\right) \ge Z(t)\right),$$

где $t \in T' \Leftrightarrow Y_\Lambda(t) > 0$, т. е. $f(\Lambda)$ есть эмпирическая вероятность (частота) превышения полосы пропускания при конкретном значении константы Λ. Очевидно, что функция $f(\Lambda)$ не возрастает, так что можно найти оценку константы Λ из равенства $f(\Lambda) = \alpha$, т. е. оценки $\hat{\Lambda}$ по данному методу есть

$$\hat{\Lambda} = f^{-1}(\alpha),$$

где $f^{-1}(\alpha)$ — обратная функция (рис. 5).

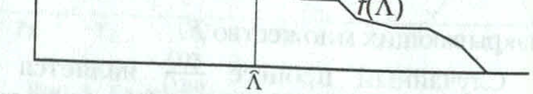

Рис. 5. Определение оценки Λ по обратной функции

Например, при $\alpha = 0{,}01$ и $\hat{\Lambda} = f^{-1}(\alpha)$ только в 1% дней для рассматриваемого процесса функционирования шлюза может произойти превышение пропускной способности канала связи, если использовать дополнительный информационный поток

$$Y(t) = Z(t) - (1+\hat{\Lambda})\overline{X(t)},$$

где $t \in T'$ и $T' = \{t|Y(t) > 0\}$. В результате вычисления будут получены графики функций $X(t)$, $Y(t)$ и $Z(t)$ (рис. 6).

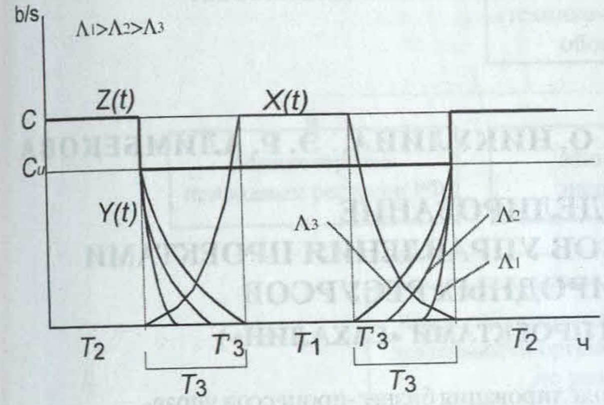

Рис. 6. Полоса пропускания дополнительного информационного потока

Таким образом, искомая величина полосы пропускания для дополнительного информационного потока будет вычисляться как

$$C_{\text{доп}} = \begin{cases} 0, & t \in T_1 \cup T_3', \\ Z(t), & t \in T_2, \\ Y(t), & t \in T_3 \backslash T_3'. \end{cases}$$

По результатам проведенных исследований была предложена методика управления дополнительным потоком информации, где в качестве устройства управления потоком рассматривается компонент сети, имеющий максимальное «знание» о проходящем трафике. Таковым устройством может выступать шлюз. Выполняя свои функции на прикладном уровне модели OSI, шлюз способен учитывать входящий/исходящий поток служебных сообщений, транзитный поток служебных сообщений трафика, взаимное влияние соседних центров сети в случае использования ими альтернативных маршрутов, тем самым адаптивно выделяя полосу пропускания для дополнительного информационного трафика.

Как результат подобного адаптивного управления может быть экономически обоснован выбор тех или иных коммуникационных средств.

ВЫВОД

На основе анализа реализаций изменения объема информации в буфере центра коммутации сообщений предложено рассматривать информационные процессы в телекоммуникационных устройствах как периодический случайный процесс. На базе данного предположения проведена постановка задачи адаптивного управления информационным потоком и выявлен круг решаемых задач, учтены уровни приоритетов служебного трафика в сети.

Проведено исследование случайных процессов, являющихся моделью изменения интенсивности трафика корпоративной сети применительно к телекоммуникационным устройствам, в частности шлюзам, предложены два способа вычисления скорости передачи дополнительного информационного потока: аналитическими моделями случайных процессов и статистической оценкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Нерсесян С. Г.** Исследование и разработка методов построения и анализа интегрированных систем передачи информации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1984. 20 с.
2. **Пугачев В. С.** Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. М.: Физматгиз, 1962. 883 с.
3. **Седякин Н. М.** Элементы теории случайных импульсных потоков. М.: Сов. радио, 1965. 264 с.
4. **Булдыгин В. В., Казаченко Ю. В.** Метрические характеристики случайных величин и процессов. Киев: ТВіМС, 1998. 248 с.
5. **Цыбаков Б. С.** Модель телетрафика на основе самоподобного случайного процесса // Радиотехника. 1999. № 5. С. 24-31.

ОБ АВТОРАХ

Султанов Альберт Ханович, профессор, зав. каф. телекоммуникац. систем УГАТУ. Дипл. инж. по многоканальн. электросвязи (Новосиб. электротехн. ин-т связи, 1973). Д-р техн. наук по управлению в техн. системах (УГАТУ, 1996). Исследования в области телекоммуникационных оптоэлектронных аэрокосмических систем.

Низамов Шамиль Ранисович, менеджер проектов ООО «Терралинк». Дипл. инж.-электромеханик по робототехническим системам и комплексам (УГАТУ, 1995). Канд. техн. наук по телекоммуникационным системам (УГАТУ, 2002). Исследования в области протоколов передачи данных, телекоммуникационных систем.