УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ В КАНАЛЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ОЦЕНИВАЕМЫМ ПАРАМЕТРАМ РЕГРЕССИИ ДРЕЙФА

Ермолаев В. А.

ОАО НПП «Звукотехника»
602200, Муром, Владимирская обл.,
Радиозаводское шоссе, 23
Тел.: (09234) 2-2562, Факс: (09234) 2-2596

Реферат: Рассматриваются вопросы управления скоростью передачи в синхронном канале пользователя по оцениваемым параметрам регрессии дрейфа объема накопленных данных. Приводятся схемы модели системы регулирования и корректора скорости. Описываются способы вычисления коэффициентов регрессии, в том числе, выражения для определения коэффициентов линейной регрессии.

1.Введение

В системах связи с уплотнением каналов или с пакетной передачей информации существует связанная с необходимостью предотвращения ошибок проскальзывания потребность в восстановлении в канале получателя синхронных данных скорости выходного потока данных источника. Решение указанной задачи регулирования скорости потока данных получателя по заполнению и изменению заполнения буфера в классе дискретных систем со сглаживающим цифровым фильтром первого порядка в контуре обратной связи приводит в первом случае к автоколебательному характеру изменения скорости передачи и заполнения буфера около номинальных значений, а во втором случае – к экспоненциальному закону установления номинального значения скорости и некоторого, отличного от номинального, значения заполнения буфера, зависящего к тому же от величины начальной расстройки.

В настоящей работе рассматривается усовершенствованная система регулирования скорости передачи данных в канале пользователя, сочетающая в себе принципы релейного и адаптивного управления с оцениванием параметров.

2. Модель системы управления

Регулирование скорости передачи основывается на параметрах, связанных с дискретными событиями – с приходом пакетов или блоков данных, преобразуемых в синхронный канал пользователя. Размер блока данных считается фиксированным и обозначается через D. При этом выборочные значения d_k входной последовательности блоков принимают значения: 0, D и 2D. Схема модели управления приведена на рис. 1.
Динамика заполнения буфера S_k системы передачи описывается разностным уравнением

$$S_k = S_{k-1} + d_k - T\left(V_0 + r_{k-1}\right) - \eta_k\,, \tag{1}$$

где $V_0 = D/T$ и $V_0 + r_{k-1}$ - соответственно номинальное и действительное, на (k-1)-ом такте, значения скорости передачи в канале пользователя, r_{k-1} - определяемая регулятором коррекция скорости и $\eta_k = \left(\tau_k - T\right)\left(V_0 + r_{k-1}\right)$ - случайная величина, связанная с отклонением длительности τ_k интервала между моментами прихода блоков данных d_{k-1} и d_k от среднего значения Т. характер изменения η_k во времени зависит от используемых протоколов передачи блоков данных. Чтобы уменьшить влияние разброса величины η_k на результаты регулирования, предположим, что в заголовках блоков d_k передается информация об объеме ξ_k накопленных в канале данных. При этом в качестве входного сигнала системы регулирования естественно использовать величину $x_k = S_k + \xi_k$.

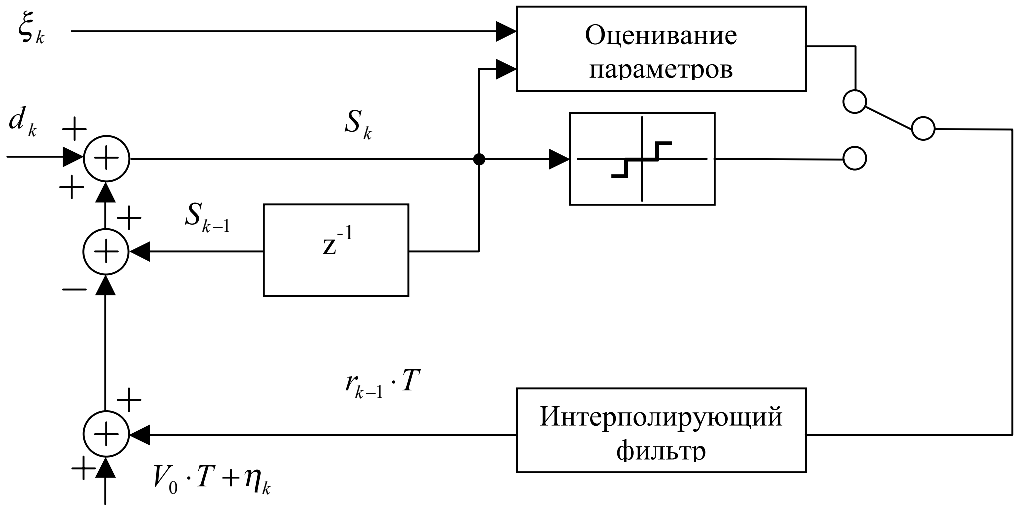

Рис.1. Схема модели системы регулирования

Задача регулирования заключается в минимизации величины $\left|V_0 + r_k - u_0\right|$, где u_0 - скорость передачи в синхронном канале источника информации при ограничении на величину отклонения заполнения буфера S_k от номинального значения. Номинальное значение заполнения буфера для упрощения целесообразно принять равным нулю. При этом S_k может принимать положительные и отрицательные значения, а указанное выше ограничение можно записать в виде $\left|S_k\right| \le W_0$.

С учетом (1) критерий качества регулирования запишем в виде

$$\widehat{G}_k = \sum_{i=k-N+1}^{k} \left(x_i + Tr_{i-1} - \widehat{x}_i(k)\right)^2 , \tag{2}$$

где значения оценок $\widehat{x}_i(k)$ определяются из параметрической модели $f(i,a)$ потока данных:

$$\widehat{x}_i(k) = f\left(i, \widehat{a}(k)\right), \tag{3}$$

при этом в соответствии с (2) и (3) вектор $\widehat{a}(k)$ параметров вычисляется в результате решения задачи минимизации:

$$\widehat{a}(k) = \underset{a}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=k-N+1}^{k} \left(x_i + Tr_{i-1} - f(i,a)\right)^2 . \tag{4}$$

В простейшем случае функцию $f(i,a)$ можно записать в виде

$$f(i,a) = a_0 + a_1(i - k + N), \tag{5}$$

где a_0 и a_1 - некоторые коэффициенты, определяющие характер накопления данных.

Выражение (5), очевидно, представляет собой линейную регрессию. В более общем случае , с целью выделения, например, долговременных смещений моментов прихода блоков данных, можно ввести в рассмотрение нелинейную регрессию, основанную на некоторых приведенных в работе [1] идеях.

Решение задачи минимизации (4), то есть задачи оценивания параметров в случае линейной регрессии (5), можно получить прямым методом из уравнения

$$\nabla_a \sum_{i=k-N+1}^{k} \left(x_i + Tr_{i-1} - f(i,a)\right)^2 = 0 , \tag{6}$$

где ∇_a - градиент по вектору параметров a, или в развернутом виде:

$$\widehat{a}_0(k) = \frac{2(2N+1)}{N(N-1)} \sum_{i=k-N+1}^{k} \left(x_i + Tr_{i-1}\right) - \frac{6}{N(N-1)} \sum_{i=k-N+1}^{k} (i - k + N)\left(x_i + Tr_{i-1}\right),$$

$$\widehat{a}_1(k)=\frac{12}{N\left(N^2-1\right)}\sum_{i=k-N+1}^{k}(i-k+N)(x_i+Tr_{i-1})-\frac{6}{N(N-1)}\sum_{i=k-N+1}^{k}(x_i+Tr_{i-1}). \quad (7)$$

При решении задачи минимизации (4)можно также воспользоваться градиентным методом [2], в соответствии с которым

$$\widehat{a}(k)=\widehat{a}(k-1)-\varepsilon\sum_{i=k-N+1}^{k}\left(x_i+Tr_{i-1}-f\left(i,\widehat{a}(k-1)\right)\right)\nabla_a f\left(i,\widehat{a}(k-1)\right), \quad (8)$$

где ε - достаточно малый коэффициент приращения, который в общем случае может зависеть от k.

В случае использования линейной регрессии (5) выражение (8) принимает вид

$$\begin{pmatrix}\widehat{a}_0(k)\\ \widehat{a}_1(k)\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\widehat{a}_0(k-1)\\ \widehat{a}_1(k-1)\end{pmatrix}-\varepsilon\sum_{i=k-N+1}^{k}\left(x_i+Tr_{i-1}-\left(\widehat{a}_0(k-1)+i\widehat{a}_1(k-1)\right)\right)\begin{pmatrix}1\\ i\end{pmatrix}. \quad (9)$$

Представим значение x_k в виде суммы детерминированной $\overline{x}_k$ и случайной μ_k величины: $x_k=\overline{x}_k+\mu_k$. Предположим, что μ_k - независимая, с нулевым математическим ожиданием, величина. Тогда величину коррекции скорости r_k на k- ом такте можно определить по значению коэффициента $\widehat{a}_1(k)$ линейной регрессии (5):

$$r_k=\widehat{a}_1(k)+\delta\, signS_k\,, \quad (10)$$

где второе слагаемое обеспечивает небольшую, определяемую величиной $\delta>0$, дополнительную коррекцию скорости по заполнению буфера. Законность применения выражения (10) очевидна, если значения μ_k ограничены по модулю малой величиной. Однако, при определенных условиях, выражение (10) можно использовать и при достаточно больших μ_k. Важно, чтобы эти значения были независимыми и, кроме того, на интервале оценивания длиной NT имело место четное число положительных и отрицательных выбросов. В этом случае представляется целесообразным включение в контур обратной связи цифрового рекурсивного фильтра первого порядка (если вычисление $\widehat{a}_1(k)$ производится по (7)). При этом

$$r_k=y_k+\delta\, signS_k,\qquad y_k=(1-\alpha)y_k+\alpha\,\widehat{a}_1(k)\,. \quad (11)$$

В общем случае, особенно при отсутствии информации об объеме накопленных в канале данных, использование выражения (10) или (11) сопряжено с опасностью возникновения систематической ошибки. Поэтому вычисление коррекции скорости должно в этом случае основываться на использовании более сложной функции или функционала

$$r_k=R\left\{f\left(i,\widehat{a}(j)\right)\mid j=k,\dots,k-J;\, i=j,\dots,j-N\right\}.$$

Для предотвращения указанных ошибок можно также использовать приведенный на рис.1 контур релейного управления, включаемый, например, на начальном участке регулирования и при выходе заполнения буфера за установленную норму, то есть при $\left|S_k\right|>W_0$.

Значения r_k, полученные в результате подстановки в выражение (10) значений коэффициента $\widehat{a}_1(k)$ из (6) или (7), совпадают, при отсутствии ошибок измерений, с требуемой величиной коррекции u_0-V_0 начиная с $k=1$ (без учета слагаемого $\delta\, signS_k$). В противоположность этому, при подстановке $\widehat{a}_1(k)$ из (8) или (9), имеет место плавное приближение r_k к u_0-V_0 при $k\to\infty$. При этом скорость и характер приближения зависят от величины ε.

Схема формирования корректирующей последовательности, основанная на выражениях (7) и (10), приведена на рис.2.

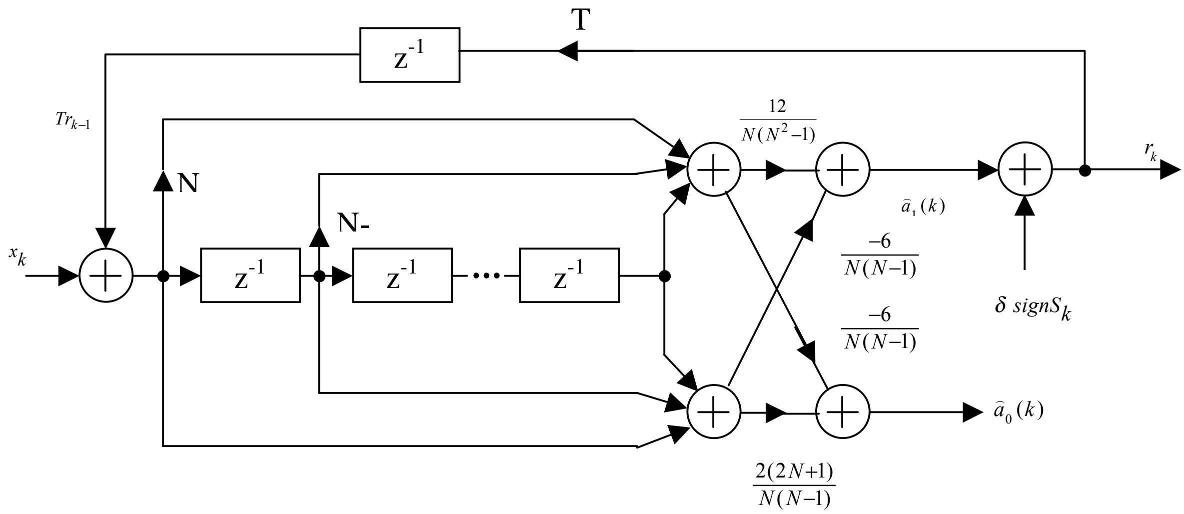

Рис.2. Схема формирования корректирующей последовательности

3. Заключение

Отсутствие надежной общей модели уплотнения и передачи блоков данных в каналах связи создает определенные трудности при установлении скорости передачи в синхронных каналах получателей информации. В настоящей работе решение этой проблемы основывается на результатах оценивания параметров регрессии дрейфа объема накопленных данных, что, при определенных условиях, обеспечивает достаточно эффективное подавление ошибок измерения и надежное управление скоростью передачи в синхронных каналах пользователей.

Литература

1. В.Е. Хейсин. Об адаптивной фильтрации нестационарных дрейфов // Автоматика и телемеханика, №8, 1991, сс. 125 – 132.

2. Д. Гроп. Методы идентификации систем. М.:Мир, 1979.

THE SPEED CONTROL OF TRANSMISSION IN CHANNEL USER ON ESTIMATED PARAMETERS OF REGRESSION OF DRIFT

Ermolaev V. A.

OAO NPP "Zvukotehnika"
Russia, 602200,. Murom, Vladimir province,
Radiofactory highway, 23
Tel.: (09234) 2-2562, Fax.: (09234) 2-2596

Abstract: The problems of speed control of transmission in the synchronous channel of the user on estimated parameters of a regression of a drift of size of stored datas are considered. The scheme of model of a regulating system of a velocity are reduced. The modes of an evaluation of regression coefficients, including, expression for definition of coefficients of a linear regression are featured.

1. Background

In communication systems with a channel multiplex or with a packet switching there is bound with necessity of preventing of errors of slip need for restoring in the channel of the receiver of synchronous datas of a velocity of an output stream of datas of the sender. In the present paper the improved regulating system of a transfer rate in the channel of the user combining in itself principles of relay and adaptive control with a parameter estimation is considered.

2. Model of the regulating system

The scheme of model of control is reduced in a fig. 1. The dinamics of filling of the buffer S_k transmission systems is featured by a difference equation

$$S_k = S_{k-1} + d_k - T(V_0 + r_{k-1}) - \eta_k , \quad (1)$$

where $V_0 = D/T$ u $V_0 + r_{k-1}$ - accordingly rated and real, on (k-1) an ohm clock tick, value of velocity in the channel of the user, r_{k-1} - correction of a velocity and $\eta_k = (\tau_k - T)(V_0 + r_{k-1})$ - variable, determinate with a deviation of duration τ_k of an interval between the moments of arrival of data packets d_{k-1} and d_k from average value T.

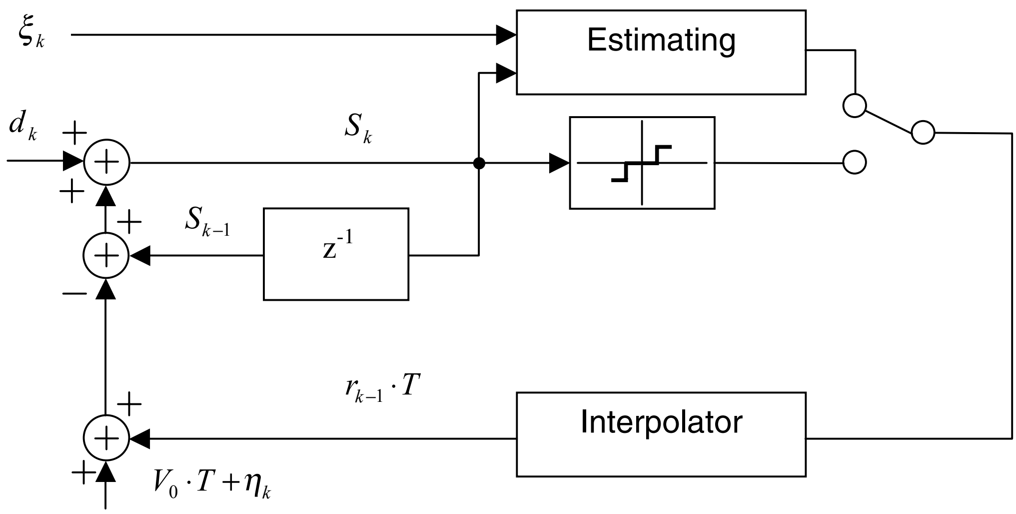

Fig. 1. The scheme of model of the regulating system

With registration (1) criteria of a regulator performance shall note as

$$\widehat{G}_k = \sum_{i=k-N+1}^{k} (x_i + Tr_{i-1} - \widehat{x}_i(k))^2 , \quad (2)$$

where the values of $\widehat{x}_i(k)$ are determined from parametric model $f(i,a)$ of a data flow:

$$\widehat{x}_i(k) = f(i, \widehat{a}(k)), \quad (3)$$

thus according to (2) and (3) vectors $\widehat{a}(k)$ of parameters are evaluated as a result of a solution of the task of minimization:

$$\widehat{a}(k) = \underset{a}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=k-N+1}^{k} (x_i + Tr_{i-1} - f(i,a))^2 . \quad (4)$$

In elementary case function $f(i,a)$ is possible to note as a linear regression:

$$f(i,a) = a_0 + a_1(i - k + N) . \quad (5)$$

In more general case, it is possible to enter into reviewing a nonlinear regression, based on some reduced in paper [1] ideas. It is possible to receive a solution of the task of minimization (4), that is task of a parameter estimation in case of a linear regression (5) by a direct method from the equation

$$\nabla_a \sum_{i=k-N+1}^{k} (x_i + Tr_{i-1} - f(i,a))^2 = 0 . \quad (6)$$

At a solution of the task of minimization (4) it is possible also to use a gradient method [2], according to which

$$\widehat{a}(k) = \widehat{a}(k-1) - \varepsilon \sum_{i=k-N+1}^{k} (x_i + Tr_{i-1} - f(i, \widehat{a}(k-1))) \nabla_a f(i, \widehat{a}(k-1)),$$

The magnitude of correction of a velocity r_k on k - ohm clock tick can be spotted on a value of coefficient $\widehat{a}_1(k)$ of a linear regression (5):

$$r_k = \widehat{a}_1(k) + \delta\, signS_k \ .$$

3. Inference

In the present paper the solution of control problem is grounded on outcomes of a parameter estimation of a regression of a drift of size of stored datas, that, under certain conditions, ensures effective enough suppression of errors of measurement and reliable control of velocity in synchronous channels of the users.

REFERENCES

1. V. E. Kheisin. On the adaptive filtration of nonstationary // Automatika i Telemechanika №8, 1991, pp. 125 – 132 (in Russian).

2. D. Graupe. Identification of systems. Moscow: Mir, 1979 (in Russian).