

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ИМПУЛЬСНО-КОДОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ С НЕЛИНЕЙНЫМ АДАПТИВНЫМ ФИЛЬТРОМ-ПРЕДСКАЗАТЕЛЕМ

Кириллов С.Н., Лоцманов А.А.

Рязанская государственная радиотехническая академия
Тел. (0912) 36-82-44, e-mail: snk@rinf.ryazan.ru

В случае негауссовских сигналов, к которым, в частности, относятся речевые сигналы, оптимальные алгоритмы обработки обычно реализуются на основе нелинейных фильтров.

Адаптация нелинейных цифровых фильтров представляет собой сложную задачу, связанную с нелинейной зависимостью коэффициентов фильтра и показателей качества адаптации от характеристик исследуемого процесса.

Предложен адаптивный алгоритм идентификации нелинейных нерекурсивных цифровых фильтров, который позволяет уменьшить число итераций адаптации по сравнению с известным методом наименьших квадратов в 5 ÷ 20 раз в зависимости от требуемого качества идентификации. Данный алгоритм основан на адаптации по оценке градиента рабочей функции, и включает в себя адаптивную линеаризацию посредством применения независимых адаптивных порогов линейности (ПЛ),

$$\hat{\nabla}_k^w = \frac{\partial(\varepsilon_k)^2}{\partial \hat{W}_k} = -2 \cdot \varepsilon_k \cdot \left. \frac{\partial F(\hat{A}_k, s)}{\partial s} \right|_{h_k} \cdot X_k, \quad (1)$$

$$\hat{\nabla}_k^a = \frac{\partial(\varepsilon_k)^2}{\partial \hat{A}_k} = -2 \cdot \varepsilon_k \cdot \left. \frac{\partial F(\hat{A}_k, s)}{\partial \hat{A}_k} \right|_{h_k} \cdot X_k = -2 \cdot \varepsilon_k \cdot H_k, \quad (2)$$

где $\hat{\nabla}_k^w$, $\hat{\nabla}_k^a$ – векторы оценок градиентов коэффициентов линейной и нелинейной частей адаптивного фильтра (АФ) соответственно, $\varepsilon_k = d_k - s_k$ – ошибка адаптации фильтра по сигналу, d_k , s_k – выходные сигналы модулирующего фильтра (МФ) и адаптивного фильтра соответственно, $\hat{W}_{k+1} = \hat{W}_k - \Gamma \cdot \hat{\nabla}_k^w$, $\hat{A}_{k+1} = \hat{A}_k - \Psi \cdot \hat{\nabla}_k^a$ – итеративные формы вычисления векторов коэффициентов линейной и нелинейной частей АФ, $\Gamma = \text{diag}[\gamma_0 \ \gamma_1 \ \dots \ \gamma_L]$, $\Psi = \text{diag}[\psi_1 \ \psi_2 \ \dots \ \psi_M]$ – соответствующие матрицы параметров сходимости, $F(\hat{A}, s)$ –

оценка функции нелинейной части АФ, $H_k = \left[\left. \frac{\partial F(\hat{A}_k, s)}{\partial a_1} \right|_{h_k} \quad \left. \frac{\partial F(\hat{A}_k, s)}{\partial a_2} \right|_{h_k} \quad \dots \quad \left. \frac{\partial F(\hat{A}_k, s)}{\partial a_M} \right|_{h_k} \right]^T$,

$h_k = X_k \cdot \hat{W}_k$ – выходной векторный и скалярный сигнал линейной части АФ, $X_k = [x_k \ x_{k-1} \ \dots \ x_{k-L}]$ – вектор входного сигнала.

Алгоритм работы вычислителя ПЛ заключается в определении двух значений выходного сигнала линейной части АФ, в пределах которых нелинейную часть АФ можно с заданной ошибкой заменить линейной. При полиномиальной функции нелинейной части АФ

$$F(\hat{A}, s) = \sum_{j=1}^M a_j \cdot s^j, \quad (3)$$

коэффициент усиления линейного фильтра $K = a_1$, а значения ПЛ могут быть получены из анализа адаптивных коэффициентов нелинейной части АФ a_i , $i = 1, 2, \dots, M$ по следующему алгоритму:

$$\delta \geq \left| \sum_{j=1}^M a_j \cdot h_k^j - a_1 \cdot h_k \right| \longrightarrow P_{\pm} = h_k, \quad (4)$$

где δ – допустимый уровень отклонения характеристик нелинейного преобразователя адаптивного фильтра и линейного фильтра, P_+ , P_- – положительный и отрицательный ПЛ.

Проведены исследования возможности использования нелинейного фильтра-предсказателя в схемах кодеков дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (ДИКМ).

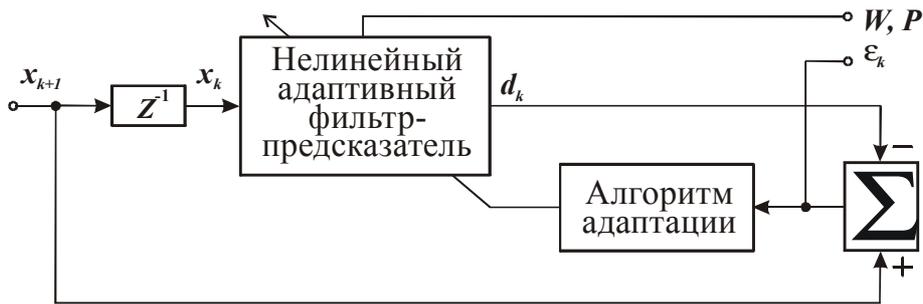


Рис. 1. Передающая часть системы ДИКМ с нелинейным адаптивным фильтром-предсказателем.

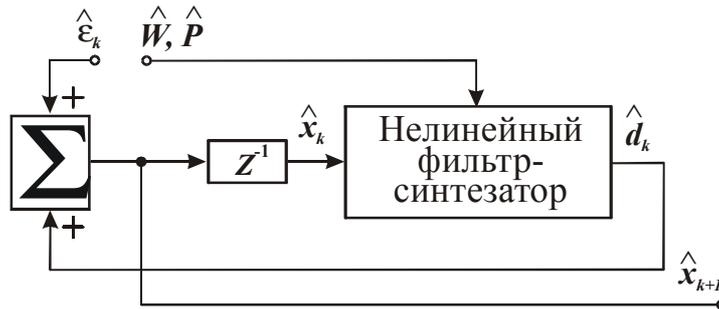


Рис. 2. Приёмная часть системы ДИКМ с нелинейным фильтром-синтезатором.

Показано, что применение нелинейного адаптивного фильтра-предсказателя в схемах кодеков ДИКМ при том же качестве восстановленного сигнала позволяет уменьшить скорость передачи информации в 1.5 ÷ 2 раза по сравнению с кодеком ДИКМ, использующим линейный адаптивный фильтр-предсказатель. При этом вычислительные затраты на реализацию нелинейного адаптивного фильтра-предсказателя значительно ниже, чем адаптивного линейного предсказателя кодеков ДИКМ.



DIFFERENTIAL PULSE CODE MODULATION WITH A NONLINEAR ADAPTIVE FILTER-PREDICTOR

Kirillov S., Lotsmanov A.

The Ryazan radioengineering academy
Ph. (0912) 36-82-44, e-mail: snk@rinf.ryazan.ru

In a case when the process is not normal, to which one, in particular, the voice calls concern, the optimum processing logics will normally be realised on the basis of nonlinear filters.

The adapting of nonlinear digital filters represents the composite task, bound with a nonlinear dependence of the filter coefficients and figure of adapting merits from performances of the investigated process.

The adaptive algorithm of identification of nonlinear nonrecursive digital filters is offered, which one allows to reduce number of iterations of adapting as contrasted to by known method of least squares in $5 \div 20$ time of depending on demanded quality of identification. The given algorithm grounded on adapting according to a gradient of working function, and includes an adaptive linearization by means of application of independent adaptive thresholds of a linearity.

The researches possibility of using a nonlinear filter-predictor in the schemes of anode codecs of differential pulse code modulation (DPCM) are conducted.

Is rotined, that the application of a nonlinear adaptive filter-predictor in the schemes of anode codecs of a DPCM at the same quality of a restored signal allows to decrease speed information transfers in $1.5 \div 2$ times as contrasted to by anode codec of a DPCM operating a linear adaptive filter-predictor. Thus the computing expenditures on implementation of a nonlinear adaptive filter-predictor are much lower, than adaptive linear predictor of anode codecs of a DPCM.