

АПЕРТУРНЫЙ АЛГОРИТМ ПОДАВЛЕНИЯ ШУМА В ПЕРВИЧНОМ СИГНАЛЕ

Сарычев В.В.

*Технологический институт Южного федерального университета,
Таганрог*

Подробная информация об авторах размещена на сайте
«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

Предлагается решение задачи подавления равномерно распределенного шума методами аппроксимации сигналов. Расположение узлов аппроксимации предлагается задавать с помощью апертурного алгоритма неравномерной дискретизации.

В рамках информационно измерительной системы доля радиотехнических задач, связанных с прохождением аналогового сигнала от датчика до измерителя, заметно снизилась с внедрением принципов децентрализации первичной обработки. В случае предельно близкого расположения АЦП у источника сигнала отпадает необходимость в учете мультипликативных составляющих помехи и шумов, которые всегда были как результат нежелательного изменения параметров звеньев системы. При этом возрастает влияние аддитивной составляющей на форму сигнала. Характер этой составляющей требует детального анализа в связи с кардинальным изменением сигнальной обстановки при постоянном росте требований к точности измерений.

Подавляющее преимущество цифровой электроники во многом определяет характер шумовой составляющей в первичных аналоговых сигналах. Потoki цифровых данных, служебной информации, результатов обработки, управляющих воздействий в основном концентрируются в единой среде обмена сигналами – шине. Многопроцессорные вычислительные ресурсы свидетельствуют о преимуществах территориального распределения процедур цифровой обработки с сочетаниями параллельных и последовательных способов обработки, дуплексных и полудуплексных режимов обмена данными в физических и радиочастотных цифровых каналах связи.

Поэтому генераторами шумовой составляющей в выходном сигнале датчика

являются импульсные сигналы. Шум от множества импульсов можно представлять в виде случайного процесса, образованного флуктуациями мгновенного значения относительно среднего значения амплитуды импульса. Временной и спектральный анализ цифрового шума показали, что это – дельта-коррелированный вероятностный процесс с равномерным энергетическим спектром.

В статье синтезируется алгоритм шумоподавления в рамках теории приближения при оценке близости аппроксимирующей и аппроксимируемой функции с использованием критерия равномерного приближения или максимальной ошибки. По мнению автора, при таком подходе задача подавления шума, распределенного и в области спектра сигнала, может быть решена для условий реального масштаба времени.

В основе синтеза нового алгоритма лежат следующие утверждения.

1. Математическая теория аппроксимации и интерполяции функций не предполагает в качестве обязательного условия равномерность отсчетов. [1]

2. Для аппроксимации без скачков производных необходимо использовать куски функций с переменной кривизной, располагая их между смежными отрезками кусочно-многочленных функций с разнородной структурой, составленных из многочленов разной степени. [2]

3. Для гладкого сопряжения кусков аппроксимации узлы должны выбираться

на участках сигнала с минимальными значениями первой и второй производной.

Критерий равномерного приближения необходим для решения задач в реальном масштабе времени, но его недостаточно для задачи шумоподавления. Вторым критерием оптимизации должен стать критерий равномерного распределения погрешности аппроксимации на участке сигнала. Этот критерий также необходим и в то же время, он и достаточен для оптимального сглаживания сигнала, т.е. шумоподавления.

Метод подавления аддитивных помех рассматривается как адаптированный к сигналу отбор существенных отсчетов, по которым возможен следующий процесс восстановления сигнала:

$$|x(t) - x(t_j)| > E_0,$$

где E_0 – величина апертур, составляющая десятки процентов от динамического диапазона сигнала. Участок сигнала между существенными отсчетами t_{j-1} и t_j при восстановлении аппроксимируется линией и составляющие шума в пределах E_0 таким образом подавляются (рис. 1).

Свойство подавления шума для алгоритма нулевого порядка теряется на на-

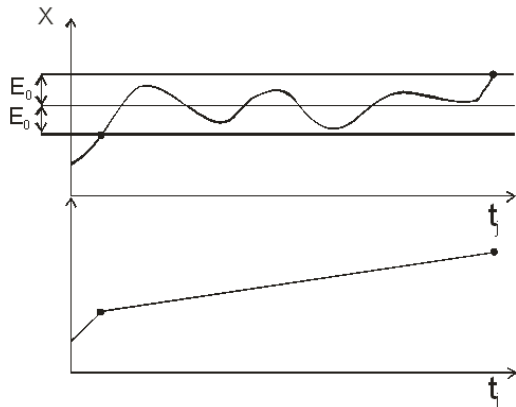


Рис. 1. Подавление шума алгоритмом НП

Сформированные алгоритмом НП отрезки времени $t_j - t_{j-1}$ называются адаптивными интервалами T_{aj} в терминах нерегулярной дискретизации. Эти интервалы содержат информацию о первой производной в сигнале (косвенно, как E_0/T_a). На линейных участках сигнала адаптивные ин-

- восстановление формы сигнала с использованием полинома нулевой степени для постоянного участка (усреднение).

- восстановление формы сигнала с использованием полинома первой степени для линейного участка (линеаризация);

- восстановление формы сигнала с использованием полинома второй степени для нелинейного участка (аппроксимация).

За основу предлагается взять апертурный алгоритм адаптивной дискретизации нулевого порядка (НП), получивший широкое распространение за счет предельной простоты и имеющий высокую эффективность при обработке сигналов с низкой динамичностью. Неравенство, при выполнении которого отсчет сигнала в момент времени t_j признается существенным, записывается следующим образом:

клонных и нелинейных участках сигнала. Синтезируя дополнительные условия, которые бы следили за уклонением сигнала от аппроксимирующей наклонной прямой, можно распространить эффект шумоподавления и на участки сигнала, где есть первая производная (рис. 2).

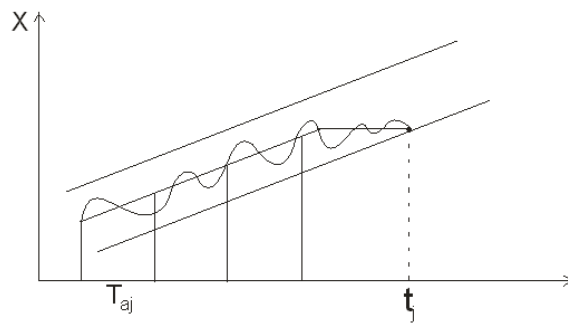


Рис. 2. Слежение за сигналом на линейном участке

тервалы должны быть равны между собой. Устанавливая допуск на неравенство интервалов T_{aj} , тем самым устанавливается допуск на линейность участка. Если решение о существенности отсчета принимается путем поочередного сравнения одного из адаптивных интервалов (назовем его

базовым T_6 , сформированный алгоритмом НП) с последующими интервалами, то получим апертурный алгоритм первого по-

$$|x(t) - x(t_j)| > E_0, \quad (1)$$

$$\left| \sum_{j=1}^n (T_{a_j} - T_6) \right| < kT_6. \quad (2)$$

Иными словами, участок сигнала можно считать линейным, пока модуль суммы разностей T_{a_j} и T_6 не превысит kT_6 , где k задает величину апертюры на линейном участке и лежит в пределах от 0,1 до 1,5. Определение величины k возможно на этапе схемной реализации алгоритма с учетом критерия равномерного распределения ошибок аппроксимации.

Система неравенств подчеркивает тот факт, что существенные отсчеты НП (1) исключаются из потока по условию (2). Величина kT_6 выбрана в качестве ограничения условия (2) по соображениям равенства величины допустимого уклонения сигнала от аппроксимирующей прямой для НП и ПП.

$$\text{sign}(x(t_j) - x(t_{j-1})) \Leftrightarrow \text{sign}(x(t_{j-1}) - x(t_{j-2})) \quad (3)$$

Выполнение неравенства (3) свидетельствует о нелинейности участка сигнала. При этом новый базовый интервал не измеряется и продолжается слежение за линейностью сигнала.

В случае заметного увеличения первой производной в сигнале предлагается вести слежение за смежными адаптивными интервалами T_a . На крутых участках со-

$$\frac{k}{2} T_{a_{j-1}} < T_{a_j} < 2k T_{a_{j-1}}. \quad (4)$$

С учетом утверждения 2, в начале участка, где первая и вторая производные равны нулю, алгоритм ПП или ВП дополнительно без выполнения неравенства (1)

$$t - nT_6 > 2kT_6,$$

для ступени ВП:

$$T_{a_j} > 2kT_{a_{j-1}}.$$

При восстановлении сигнала по существенным отсчетам интерполяционным полиномом второй степени составляющие шума в пределах $2E_0$ подавляются.

рядка (ПП). Определим интегральный допуск на разности указанных интервалов следующими условиями:

Дополняя предложенную систему неравенств новыми условиями учета нелинейности, получаем алгоритм второго порядка (ВП), как следующую дополнительную ступень. Обработку нелинейного участка предлагается вести по двум направлениям в зависимости от знака первой производной в сигнале.

При смене знака первой производной в сигнале отсчет t_j признается существенным и вместе с базовыми отсчетами НП составляет опорную выборку для проведения через них параболической кривой. Неравенства (1), (2) дополняются контролем знака производной в сигнале:

ставляющие шума сливаются с сигналом и величина допуска на уклонение сигнала от аппроксимирующей кривой может быть уменьшена без снижения эффекта шумоподавления при снижении ошибки аппроксимации. Система условий для алгоритма ВП в этом случае может быть представлена неравенством (1) совместно с

должен формировать существенный отсчет. Условие определения такого участка для ступени ПП:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лоран П.Ж. Аппроксимация и интерполяция. М.: Мир, 1975. 221 с.
2. Победоносцев В.А. Основания информметрии. – М.: Радио и связь, 2000. 192 с.

APERTURE ALGORITHM OF MUTING IN PRIMARY SIGNAL

Sarychev V.V.

Technological institute of South Federal University, Taganrog

We suggest the solution of suppression the even clutter by means of signal approximation. The arrangement of units is suggested to assign using the aperture algorithm of nonuniform sampling.

