

УДК 621.3

А.Я. Кулик, Я.А. Кулик

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

ВИКОРИСТАННЯ МЕДІАННОГО ФІЛЬТРА В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

В системах передавання інформації проблема ефективного приймання інформативних сигналів є фундаментальною. У даній статті розглядається проблема побудови пристрою приймання інформації з використанням медіанного фільтра, який зможе значно покращити результати оброблювання прийнятих даних.

Ключові слова: медіанний фільтр, алгоритм медіанної фільтрації.

Вступ

В системах зв'язку інформація найчастіше передається електричними сигналами і при проходженні каналом зв'язку їх форма може бути значно спотворена завадами, характер яких визначається середовищем передавання і параметрами каналу. Для очищення прийнятого сигналу від завад використовуються фільтри різного функціонального призначення. Система передавання інформації, яка не виконує фільтрацію прийнятого сигналу від шуму, є малоефективною, особливо якщо сигнали несуть інформацію у цифровому, а не аналоговому вигляді. У пристроях для передавання інформації на стороні приймача часто використовуються цифрові фільтри, які очищують прийнятий сигнал від завад. Одним з найбільш популярних цифрових фільтрів є медіанний.

Пристрої та алгоритми вилучення імпульсних завад можна розподілити на декілька груп. До першої належать способи, які базуються на обмеженні сигналів і використанні ключових схем. Але вони можуть застосовуватися лише для окремих видів сигналів, до певної міри змінюють їх форму і суттєво зменшують співвідношення сигнал/шум [1]. До другої належать адаптивні компенсаційні алгоритми. Вони досить складні, працюють при малому рівні шумів і розглядаються лише в теоретичному аспекті [2]. Третя група вміщує алгоритми, які базуються на непараметричних методах статистики [3] і є достатньо стійкими до дії завад. Разом з тим, вони вимагають навчання вибірками з ансамблю завад, елементи яких повинні бути незалежними. Використання таких алгоритмів в умовах передавання ширококутових сигналів викликає складнощі, в першу чергу завдяки великій кількості обчислень. Перші застосовуються в основному в системах передавання інформації, другі – для обробки зображень.

Мета роботи – побудова пристрою з використанням алгоритму швидкої медіанної фільтрації.

Основні результати досліджень

Останнім часом для вилучення імпульсних завад широко використовуються медіанні фільтри [4],

які вважаються дуже перспективними і можуть бути одновимірними і двовимірними. Медіанний фільтр являє собою ковзне вікно, яке зазвичай охоплює непарну кількість вибірок N аналогового сигналу $\hat{x}(t)$. Вихідною величиною фільтра \hat{y}_j є відрахунок, для якого у вікні існує $(N-1)/2$ відрахунків менших або рівних йому за величиною та стільки ж більших або рівних йому за величиною:

$$\hat{y}_j = \text{med} \{ \hat{x}_0, \hat{x}_1, \dots, \hat{x}_j, \dots, \hat{x}_{N-2}, \hat{x}_{N-1} \}. \quad (1)$$

Ідея класичного медіанного фільтра полягає в тому, що оскільки сигнал може мати лише певну нормовану амплітуду, то можна з достатнім ступенем ймовірності оцінити рівень завади на прийнятому сигналі. Вважаючи, що математичне сподівання завади наближається до 0, а для інформативного сигналу воно визначається певним нормованим для цього сигналу значенням, а також те, що завади піддаються описанню математичними моделями, як випадкові процеси, можна оцінити рівень завади. Враховуючи це, його можна значно зменшити, замінивши значення сигналу осередненим значенням з кількох сусідніх точок. Кількість цих точок визначається шириною (апертурою) вікна фільтра.

Порядок фільтра N визначається розміром апертури (вікна), яке використовується для фільтрації. Найпростішим, за визначенням, є одновимірний медіанний фільтр із тривідрахунковим вікном [5]. Для цього фільтра сформульовані основні принципи апаратної реалізації, але для фільтрів вищих порядків вона виявляється дуже складною. Програмна реалізація виявляється суттєво простішою, оскільки для цифрових біполярних сигналів значення вихідного сигналу дорівнює арифметичній сумі

$$\hat{y}_j = \hat{x}_j + \hat{x}_{j+1} + \dots + \hat{x}_{j+N-2} + \hat{x}_{j+N-1}. \quad (2)$$

Для медіанного фільтра можна достатньо просто реалізувати алгоритм швидкого оброблювання, який базується на побудові різницевої матриці за допомогою порогової функції насичення $F_{ij} = f(x_i - x_j)$, в якій

$$f(\Delta x) = \begin{cases} 1, & \Delta x \geq 0; \\ 0, & \Delta x < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Для фільтра з апертурою $N = 5$ при перших п'яти значеннях матриця F_0 буде мати вигляд (4):

$$F_0 = \begin{pmatrix} F_{00} & F_{10} & F_{20} & F_{30} & F_{40} \\ F_{01} & F_{11} & F_{21} & F_{31} & F_{41} \\ F_{02} & F_{12} & F_{22} & F_{32} & F_{42} \\ F_{03} & F_{13} & F_{23} & F_{33} & F_{43} \\ F_{04} & F_{14} & F_{24} & F_{34} & F_{44} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Ця матриця характеризує перепади між сусідніми відрахунками. За значеннями цих перепадів можна сказати, чи містить дана точка випадкову складову, тобто імпульсну заваду. Зсув на одну позицію вздовж ряду значень дає матрицю F_1 , в якій потрібно розраховувати лише дев'ять значень, розташованих у виділеній області.

$$F_1 = \begin{pmatrix} F_{11} & F_{21} & F_{31} & F_{41} & \vdots & F_{51} \\ F_{12} & F_{22} & F_{32} & F_{42} & \vdots & F_{52} \\ F_{13} & F_{23} & F_{33} & F_{43} & \vdots & F_{53} \\ F_{14} & F_{24} & F_{34} & F_{44} & \vdots & F_{54} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ F_{15} & F_{25} & F_{35} & F_{45} & & F_{55} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Таким чином, для реалізації алгоритму швидкого оброблювання значень медіанним фільтром необхідно здійснити ряд дій:

- сформувати матрицю F_0 для перших N зареєстрованих значень згідно вибраної апертури фільтра;
- розрахувати значення $F_{0,j}$ для кожного зі стовпчиків матриці F_0 ;
- вибрати необхідне значення з перших N зареєстрованих;
- для матриці F_n визначити значення $F_{(n+j)(n+N-1)}$ та $F_{(n+N-1)(n+j)}$ при $0 \leq j < N$;
- з попередньо розрахованих значень $F_{n,j \pm 1}$ вилучити значення $F_{(n-1)(n+j)}$ та $F_{(n+j)(n-1)}$;
- до стовпчика $F_{(n+j)}$ матриці F_n додати значення $F_{(n+j)(n+N-1)}$.

Дії продовжуються до тих пір, поки всі значення не будуть оброблені.

Оскільки реєстрацію значень, що надходять з каналу зв'язку, доцільно здійснювати з використанням

АЦП, то необхідно визначити його основні параметри [6]. Мінімальна кількість відрахунків, які необхідно зафіксувати для очищення інформативного сигналу від шуму медіанним фільтром, визначається як $((N-1)/2) \cdot k_m$, де $k_m \geq 1$ – коефіцієнт запасу дискретизації сигналу.

$$T_{ADC} \leq \frac{2 \cdot k_m}{(N-1) \cdot v k_v} - T_{WR} - T_{RD}, \quad (7)$$

де T_{ADC} – тривалість циклу перетворення АЦП; T_{WR} – тривалість програмного циклу запуску АЦП за допомогою інтерфейсної схеми до моменту подання сигналу “Пуск”; T_{RD} – тривалість програмного циклу зчитування даних з АЦП від моменту визначення сигналу “Кінець перетворення” до моменту записування даних до пам'яті.

Для передавання інформації можна використати пристрій, структура якого відповідає класичній мікропроцесорній.

На передавальному боці виконують звичайні операції: зчитують масив дискретної інформації у розмірі стандартного блока – дані, які треба передати з носія інформації, перетворюють її на послідовний формат, подають зчитану інформацію до каналу зв'язку через модем та передають інформацію каналом зв'язку. При цьому додатково можна здійснювати кодування та шифрування даних.

На приймальному приймають інформацію з каналу зв'язку через модем і прийнятий сигнал демодулюється; демодульований сигнал подається на аналого-цифровий перетворювач, управління яким здійснюється паралельним портом; виконується фільтрація прийнятого сигналу центральним процесором: формується різницєва матриця після кожного отриманого з аналого-цифрового перетворювача через паралельний порт сигналу „кінець перетворення”, та обробляють її; дані зберігають на носіїв інформації.

Для передавача і приймача використовуються одні й ті самі структурні блоки. Різниця між передавачем і приймачем в тому, що передавач не використовує АЦП (а посилає дані прямо на модем), і в структурі програмного забезпечення (рис. 1).

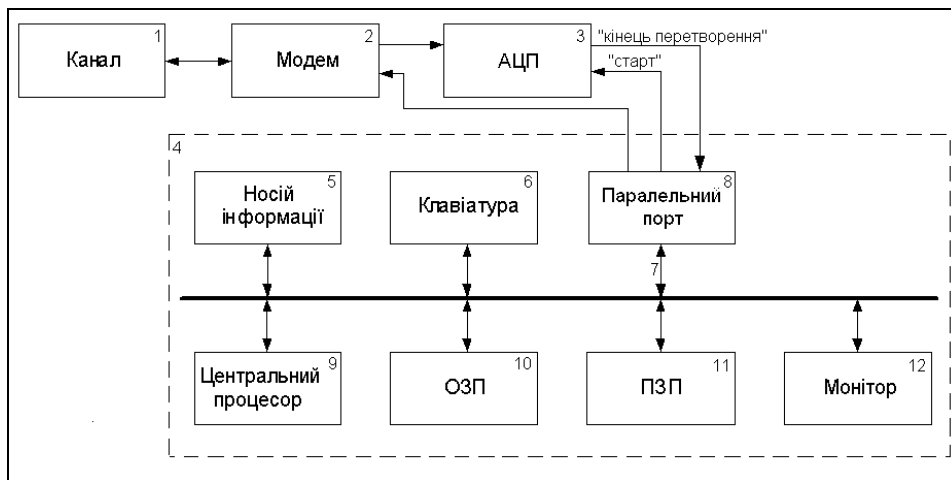


Рис. 1. Схема пристрою для обміну інформацією

Пристрій працює наступним чином: на приймачі при увімкненні живлення центральний процесор 9 виводить на монітор 12 повідомлення про початковий розмір стандартного блока інформації і очікує повідомлення, введеного з клавіатури 6 персонального комп'ютера 4. Після цього центральний процесор 9 виконує зчитування даних з носія інформації 5 у розмірі стандартного блока даних у ОЗП 10. Центральний процесор 9 пересилає байт інформації в паралельний порт 8, який передає його до модему 2. Далі здійснюється опитування регістра прапорців програмним шляхом, поки не буде встановлений прапорець кінця передавання байту, що свідчить про те, що байт даних переданий до каналу зв'язку 1. Після цього може передаватися наступний байт. Процес повторюється до тих пір, поки вся інформація, що міститься на носії інформації 5, не буде оброблена і передана до каналу зв'язку 1.

В режимі приймання інформації сигнал поступає з каналу зв'язку 1 на модем 2, демодулюється і поступає на аналого-цифровий перетворювач 3. Після отримання сигналу „старт” від центрального процесора 9 через паралельний порт 8 і отримання першого біту інформації АЦП 3 починає свою роботу. Після завершення перетворення першого біта інформації центральний процесор 9 через паралельний порт 8 зчитує інформацію і розміщує її в ОЗП 10. Центральний процесор 9 з перших N значень, отриманих з АЦП, формує різницеву матрицю, оброблюючи її медіанним фільтром, реалізованим програмно. Після цього центральний процесор 9 після отримання сигналу ”кінець перетворення” з АЦП 3 зчитує наступне значення і для його подальшої обробки формує наступну різницеву матрицю.

Процес продовжується, поки не будуть оброблені усі значення. Після завершення обробки інформація записується на носій інформації 5. Одночасно з цим вона може бути виведена на монітор 12. Використання медіанного фільтра підвищує надійність приймання інформації за рахунок згладження форми прийнятого сигналу. Швидкий медіанний фільтр має більшу швидкодію порівняно з іншими цифровими фільтрами і при цьому в більшості випадків дає

кращі результати. Найкращий результат медіанний фільтр дає при імпульсному характері завад.

Збільшення апертури спроможне значно підвищити ефективність, але пов'язане з додатковими апаратними і програмними витратами.

Висновки

В роботі запропонований алгоритм швидкої медіанної фільтрації для використання у системах обміну інформацією. Визначено для різних умов основні параметри його складових частин і проведена оцінка його ефективності. Експериментальна перевірка підтвердила ефективність запропонованого алгоритму.

Список літератури

1. Анохин В. *MATLAB для DSP. Применение много-скоростных фильтров в задачах узкополосной фильтрации* [Электронный ресурс] / В. Анохин, А. Ланнэ // *Chip News*. – 2001. – № 2. – Режим доступа до журн.: <http://chipinfo.ru/literature/chipnews/200102/1.html>.
2. Малыгин И.В. *Один из способов защиты широкополосных систем связи от мощных узкополосных помех* [Электронный ресурс] / И.В. Малыгин // *Телекоммуникации*. – 2000. – № 11. – Режим доступа до журн.: <http://m/www.institutert.ru/common/statyi/filter/filter.shtml>.
3. Некунелов Н.Д. *Фильтрация данных в системах анализа и прогноза* [Электронный ресурс] / Н.Д. Некунелов. – Режим доступа: http://www.basegroup.ru/filtration/data-filtration_print.
4. Радченко Ю.С. *Эффективность приёма сигналов на фоне комбинированной помехи с дополнительной обработкой в медианном фильтре* [Электронный ресурс] / Ю.С. Радченко // *Журнал радиоэлектроники*. – 2001. – № 7. – Режим доступа до журн.: <http://jre.cplire.ru/win/jul01/2/text.html>.
5. Воробьёв Н. *Одномерный цифровой медианный фильтр с трёхотсчётным окном* [Электронный ресурс] / Н. Воробьёв // *Chip News*. – 1999. – № 8. – Режим доступа до журн.: <http://chipinfo.ru/literature/chipnews/199908/29.html>.
6. *Элементы локальных систем автоматики: Навч. посібн.* / А.С. Васюра, С.Г. Кривогузченко, А.Я. Кулик, М.М. Компанець – Вінниця: ВДТУ, 1998. – 103 с.

Надійшла до редколегії 2.04.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.Н. Кветний, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИАННОГО ФИЛЬТРА В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

А.Я. Кулик, Я.А. Кулик

В системах передачи информации проблема эффективного приёма информативных сигналов является фундаментальной. В данной статье рассматривается проблема построения устройства приёма информации с использованием медианного фильтра, который может существенно улучшить результаты обработки принятых данных.

Ключевые слова: медианный фильтр, алгоритм медианной фильтрации.

USING MEDIAN FILTER FOR SYSTEMS OF THE INFORMATION TRANSMITTING

A.Y. Kulyk, A.Y. Kulyk

In systems of the information transmitting the problem of effective reception informative signals is fundamental. In given clause the problem of construction of the device of reception of the information with use of the median filter is considered which can essentially improve results of processing of the accepted data.

Keywords: median filter, algorithm of median filtration.