

МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОГО МЕДІАННОГО ФІЛЬТРА
У СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW

У даній статті пропонується використовувати модифікований медіанний фільтр, який використовує розбиття вектора даних на оброблювані блоки. Для оцінки ефективності запропонованого методу фільтрації виконано моделювання в середовищі LabView з використанням тестового сигналу, спотвореного гаусівським шумом. Ефективність визначається як імовірність правильного аналізу одного біта інформації.

Вступ

В загальному вигляді цифрову фільтрацію можна представити у вигляді послідовності дій, як на рис. 1 [1].

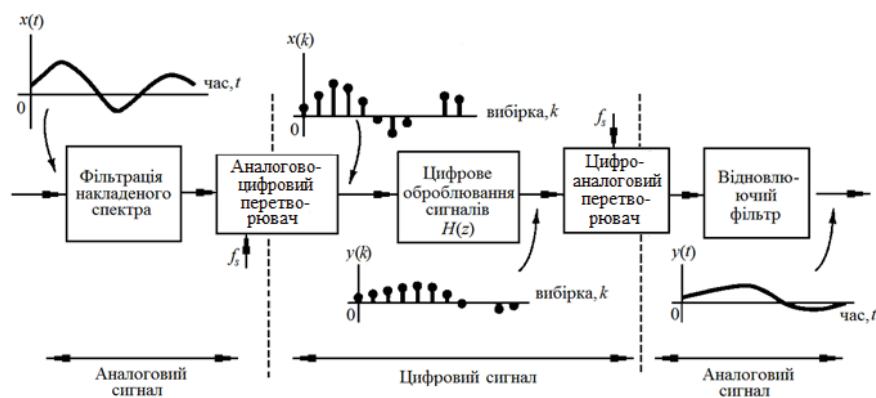


Рис. 1 Узагальнена послідовність дій для цифрової фільтрації

Останнім часом для видалення імпульсних завад широко використовуються медіанні фільтри, які вважаються дуже перспективними [2].

Ідея медіанного фільтра базується на класичних методах [3] і полягає в тому, що оскільки сигнал може мати амплітуду лише певних значень, то можна з достатнім ступенем ймовірності оцінити рівень завади.

Основна частина

Під ефективністю у даній статті мається на увазі імовірність безпомилкового розпізнавання одного біта інформації. Теоретична та експериментальна оцінка ефективності, виконана у інших публікаціях [4]. У даній статті показана візуальна оцінка ефективності застосування медіанного фільтра без оцінки числових даних ефективності.

Оскільки сигнал може мати амплітуду лише певних значень, то можна з достатнім ступенем ймовірності оцінити рівень завади. Враховуючи, що математичне сподівання завади наближається до 0, а для інформативного сигналу визначається певним нормованим значенням, а також те, що дія завади має точковий характер, можна оцінити її рівень. Враховуючи це, можна значно зменшити заваду, замінивши значення сигналу усередненим значенням з кількох сусідніх точок. Кількість цих точок визначається апертурою вікна фільтру, а відстань між ними – часом дискретизації.

Медіанний фільтр являє собою ковзне вікно, яке зазвичай охоплює непарну кількість вибірок N аналогового сигналу $\hat{x}(t)$. Вихідною величиною фільтра y_j є відрахунок, для якого у вікні існує $\frac{(N-1)}{2}$ відрахунків менших або рівних йому за величиною:

$$y_j = \text{med} \{x_0, x_1, \dots, x_j, \dots, x_{N-2}, x_{N-1}\}. \quad (1)$$

Порядок фільтру N визначається розміром апертури (вікна), яке використовується для фільтрації. Найпростішим, за визначенням, є одновимірний медіанний фільтр із тривідрахунковим вікном. 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:

$$y_j = x_j + x_{j+1} + \dots + x_{j+N-2} + x_{j+N-1}. \quad (3)$$

Медіанний фільтр характеризується нелінійним перетворенням сигналів, оскільки його властивості не передбачають виконання умови адитивності:

$$\begin{cases} \text{med}(k \cdot x(i)) = k \cdot \text{med}(x(i)); \\ \text{med}(a + x(i)) = a + \text{med}(x(i)); \\ \text{med}(x(i) + g(i)) \neq \text{med}(x(i)) + \text{med}(g(i)), \end{cases} \quad (4)$$

де $\text{med}(x)$ – оператор взяття медіани,

k, a – постійні,

$x(i), g(i)$ – послідовності вибірок довжиною N [4].

Алгоритми медіанної фільтрації використовуються для ідентифікації прийнятих сигналів під час передавання інформації у інформаційно-вимірювальних, банківських та навігаційних системах, системах автоматизованого контролю та управління, відеоспостереження, охоронно-пожежної сигналізації тощо.

Протягом часу $[0, T]$ на вхід медіанного фільтра поступає сукупність сигналів $\hat{x}(t)$. Інформативний сигнал $x(t - \tau)$ має невідоме часове розташування $\tau \in [0, T]$, причому на цей інтервал припадає багато елементів розділу за затримкою. Потік імпульсів $\chi(t)$ має вигляд:

$$\chi(t) = \sum_{j=0}^{L-1} \kappa_{\chi,j} \cdot U_{\chi,j} \cdot f(t - \tau_{\chi,j}), \quad (5)$$

де $U_{\chi,j}$ – амплітуда імпульсу в потоці $\chi(t)$;

τ_j – його часове розташування;

$\kappa_{\chi,j}$ – коефіцієнт наявності імпульсної завади, який дорівнює одиниці з імовірністю p_χ та нулю – з імовірністю $(1 - p_\chi)$.

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

$$f(\Delta x) = \begin{cases} 1, \Delta x \geq 0; \\ 0, \Delta x < 0. \end{cases} \quad (6)$$

У векторному вигляді запис для медіанного фільтру виглядатиме:

$$\mathbf{F1} = \|F_1 \quad F_2 \quad F_3 \quad F_4 \quad F_5\|. \quad (7)$$

Кожен елемент даного вектора є сумою різниць значень F_i за стовпчиками:

$$F_i = \sum_{j=0}^N F_j = \sum_{j=0}^N f(x_i - x_j). \quad (8)$$

Даної математичної моделі достатньо, щоб можна було реалізувати у програмному вигляді даний фільтр та змоделювати його поведінку при фільтрації зашумленого сигналу. У якості моделі зовнішніх збурень для сигналу використовуватиметься гаусівський шум.

Моделювання швидкого медіанного фільтра у середовищі LabView

Перевірка ефективності швидкої медіанної фільтрації виконувалась шляхом моделювання та шляхом експериментальної перевірки на приладі, схема якого показана на рисунку 2.

Для оцінки ефективності медіанного фільтра шляхом моделювання в LabView було створено віртуальний прилад, який генерує тестові сигнали у вигляді прямокутних імпульсів, імітує передавання каналом шляхом накладання білого шуму, виконує обробку сигналу та після цього аналізує їх. Блок оброблення сигналу являє собою швидкий медіанний фільтр, в якому може бути закладена віртуальна програмна чи апаратна реалізація. На рисунку 2 показана схема віртуального приладу, який генерує і аналізує імпульс при наявності завад з очікуваним піковим значенням, що перевищує 100% очікуваної амплітуди імпульсу.

Сигнал, що генерується цей віртуальним приладом, має наступні параметри імпульсу: амплітуда – 5,0 В, затримка – 64 вибірки, тривалість – 32 вибірки.

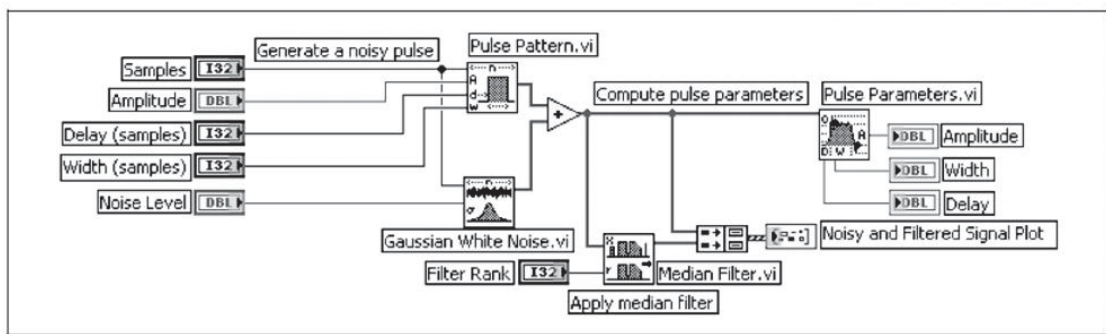


Рис. 2 Схема для моделювання оброблення сигналу з використанням швидкого медіанного фільтра

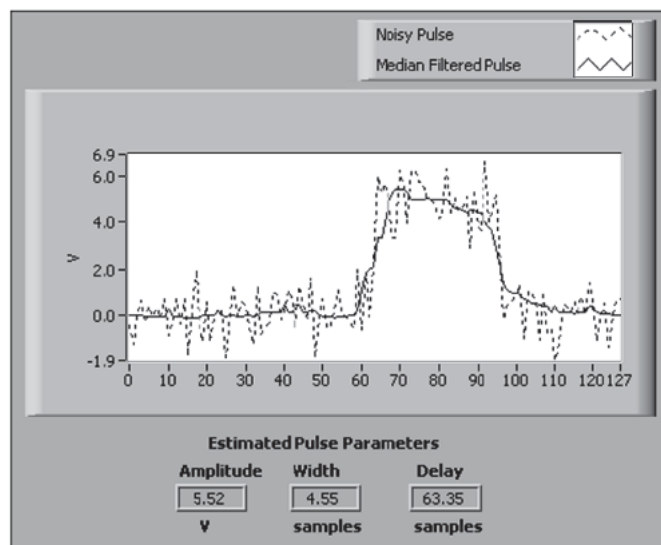


Рис. 3 Зашумлений сигнал прямокутного імпульса та відфільтрований в швидкому медіанному фільтрі імпульс

На рисунку 3 показаний поодинокий прямокутний імпульс після впливу завади, відфільтрований швидким медіанним фільтром, і оцінені параметри імпульсу, виміряні за допомогою віртуального приладу. На рисунку 3 можна відслідкувати сигнал імпульсу, виділений медіанним фільтром, навіть у тому випадку, коли середньоквадратичне значення шуму перевищує пікове значення імпульсу.

Якщо імпульс спотворений адитивною завадою, очікуване пікове значення якої перевищує 50% очікуваної амплітуди імпульсу, можна використовувати фільтр низьких частот для вилучення завади, але такий фільтр також затримує сигнал в часі і згладжує фронти імпульсу, які містять високочастотну інформацію.

Можна видалити високочастотний шум за допомогою швидкого медіанного фільтру, щоб досягти 50%-го співвідношення пікового значення імпульсу до очікуваного максимуму шуму, а після цього використовувати традиційні методи, наприклад, порогів аналіз, які при даному рівні шуму зберігають ефективність.

Основні результати і висновки

У даній статті візуально показано ефективність використання медіанного фільтра шляхом моделювання.

Додавання швидкої медіанної фільтрації підвищує ефективність передавання інформації, але це відбувається за рахунок ускладнення апаратної частини та збільшення часу на обробку даних. Використання швидкої медіанної фільтрації дає збільшення швидкості оброблювання даних порівняно з використанням медіанної фільтрації при тій самій апертурі фільтра, при цьому апаратна частина відрізняється не суттєво. У випадку програмної реалізації приріст швидкості оброблювання даних має таке саме значення і відбувається за рахунок більшого розміру пам'яті.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Williams Arthur B., Taylors Fred J. Electronic Filter Design Handbook / Arthur Williams B., Fred Taylors J. - New York: McGraw-Hill, 1988. – ISBN 0-07-070434-1.
2. 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>.
3. 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>.
4. Кулик А.Я. Використання медіанного фільтра у проблемно-орієнтованих розподілених комп'ютерних системах / А.Я. Кулик, Я.А. Кулик // Науковий вісник Чернівецького Університету. Серія : Комп'ютерні системи та компоненти. – 2010. – № 1. – Т. 1. – В. 1. – С. 51–54.

Ключові слова: МЕДІАННИЙ ФІЛЬТР, ФІЛЬТРАЦІЯ СИГНАЛІВ, МОДЕЛЮВАННЯ ОБРОБЛЮВАННЯ СИГНАЛІВ