

СИГНАЛИ: моделі, зображення, опрацювання

УДК 681.325

© Р. Наконечний¹⁶, 2013

ОЦІНКА ШУМІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ У МАЛОХВИЛЬОВІЙ ОБЛАСТІ

Проведено аналіз існуючих методів оцінки шумових характеристик комп'ютерних систем. Обґрунтовано вибір часо-частотної області перетворення сигналів. Розроблено моделі оцінки шумових характеристик та алгоритми їх реалізації у малохвильовій області. Відзначені переваги такого методу оцінки.

The modern approaches for the measurement of the noise characteristics of the computer systems in the time-frequency domain are presented. The models of noise characteristics measurement and algorithms for their implementation in wavelet region are developed. Advantages of this method of measurement are shown.

1. ВСТУП

Відомо, що шум є важливим аспектом сучасного життєвого середовища. Дослідженнями доведено, що навіть шум помірної інтенсивності є шкідливим і погіршує працездатність, особливо при розумовому навантаженні. Однак в останній час у споживачів велике зацікавлення викликає можливість оцінки таких паразитних сигналів як шуми та завади. Причому вони цікавлять не лише з точки зору їх можливого усунення, а й як інформативні сигнали, з допомогою яких можна здійснювати діагностування та оцінювання певних характеристик. За допомогою аналізу шуму, можна визначати або попереджати поломки з боку комп'ютерної техніки. Аналіз шумових характеристик сигналів дозволяє попередити пошкодження комп'ютерних систем або ж окремих їх компонентів. Так зокрема оцінюючи певним чином рівень теплових шумів у сигналах можна з досить високою точністю вимірювати температуру складно доступних частин комп'ютерних систем. Таким чином, виникає задача виділення таких шумів та завад з основних інформативних сигналів і необхідність подальшої їх оцінки. Сьогодні шумовий сигнал розглядають та аналізують за допомогою різних методів у часовій та частотній областях. Вимірювання шумових характеристик здійснюють за допомогою спеціальних приладів-шумомірів.

¹⁶ Національний університет «Львівська політехніка»

Переважно сучасні такі прилади укомплектовані додатково ще й програмним забезпеченням, за допомогою якого аналізуються та зберігаються статистичні данні у пам'яті комп'ютера. Оскільки шуми відносяться до складних неперіодичних, нестаціонарних сигналів, то пристрої для їх оцінки відзначаються певною складністю і невисокою точністю. З огляду на те покращення характеристик таких вимірювачів є задачею актуальною і своєчасною.

2. МЕТОДИ ОЦІНКИ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ДІАГНОСТИКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

По мірі збільшення продуктивності процесорів в комп'ютерних системах, в тому числі за рахунок збільшення числа активних елементів на мікросхемах і збільшенні робочої частоти, зростає і кількість тепла, що виділяється процесором. Це приводить до необхідності збільшення інтенсивності охолодження, що в свою чергу вирішується збільшенням ефективної площі радіаторів та збільшенням швидкості вентиляторів, що обдувають радіатор. Останнє приводить до значного росту випромінюваного шуму. Серед основних джерел шуму в комп'ютерних системах можна виділити: вентилятори систем охолодження, жорсткі диски, оптичні диски. В самому комп'ютері жорсткий диск є одним з найбільш шумних компонентів. Шум вінчестера породжений вібраціями, які виникають за рахунок руху його електромеханічних елементів.

Існує декілька основних методів вимірювання шумових характеристик комп'ютерних систем. До них належать вимірювання шумових характеристик: у вільному звуковому полі; на основі інтенсивності сигналу; у ревербераційній камері.

Усі ці методи визначають необхідні шумові характеристики комп'ютерної системи і мають свої особливості. Характеристики, що вимірюються ними допомагають встановити працездатність системи та виявити деякі неполадки.

Існує методика моніторингу та діагностики комп'ютерних систем на основі шумових характеристик. Методи та засоби оцінки технічного стану комп'ютерних систем розвивалися поетапно. З огляду на це методи діагностування можна розділити на дві основні групи. До першої належать методи тестової діагностики, а до другої методи функціональної діагностики.

В переважній більшості інформаційні технології розглядаються саме для функціональної діагностики. Різноманіття діагностичних систем визначається використовуваними технологіями.

Найпростішою є енергетична технологія, яка базується на вимірюванні потужності, енергії або амплітуди контрольованого сигналу. Як

діагностичний сигнал може використовуватися, наприклад, шум, температура, тиск або вібрація. Технологія базується на вимірюванні величин сигналів у контрольних точках і порівнянні їх із граничними значеннями.

Розвитком енергетичної технології є інформаційна, частотна технологія, що передбачає виділення з сигналу складових у визначених частотних діапазонах і подальший енергетичний аналіз виділених складових. Технологія частотного аналізу використовується не тільки для контролю і діагностики комп'ютерних систем, але і для їхнього аварійного захисту.

3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛІВ

Для більш детального і повного дослідження, спектральний аналіз шумових характеристик необхідно проводити як у часовій, так і у частотній областях. Перевага такого аналізу очевидна оскільки шумові сигнали відносяться до нестационарних, в яких існує зміна часочастотних характеристик. Прикладом таких сигналів саме є шумові характеристики комп'ютерних систем.

Перетворення Фур'є в своєму традиційному вигляді не пристосоване до аналізу нестационарних сигналів, в тому числі локалізованих на деякому інтервалі часу, так як при такому перетворенні втрачається інформація про часові характеристики сигналу. Тому для детальнішої оцінки шумових характеристик необхідно застосувати аналіз у часочастотній (малохвильовій, вейвлет) області.

Основна ідея представлення нестационарних сигналів за допомогою малохвильових функцій полягає в розкладанні досліджуваних сигналів на дві складові – апроксимуючу й уточнюючу. Таке представлення можливе одночасно як у часовій, так і у частотній областях. Це означає, що малохвильові базові функції дозволяють виявити не тільки частотні особливості будь-якого сигналу, але й визначити час їх появи. Крім того, завдяки масштабуванню тривалість базової функції завжди узгоджена з тривалістю сигналу.

З огляду на сказане для аналізу шумових сигналів доцільно використовувати малохвильовий базис, який має ряд таких переваг: локалізація в часовій і частотній областях, яка дозволяє робити ефективний аналіз нестационарних сигналів, прикладом яких є шуми; можливість масштабного перетворення і зсувів досліджуваного сигналу; математичний апарат розроблений для локалізації і класифікації особливих точок сигналу; ефективно відображення динаміки зміни сигналу вздовж осей. Використовуючи вейвлет-перетворення фільтрацію й очищення від шумів можна здійснювати шляхом обмеження рівня вей-

влет коефіцієнтів. Необхідно відзначити, що рівень обмеження можна задавати для кожного вейвлет коефіцієнта окремо, що дозволяє реалізувати адаптивні до змін сигналу системи виділення шумів.

4. РЕАЛІЗАЦІЯ ВИДІЛЕННЯ ШУМОВОГО СИГНАЛУ У МАЛОХВИЛЬОВІЙ ОБЛАСТІ

Враховуючи наведене вище пропонується схема виділення шуму, яка наведена на рис.1. В наведеній схемі вхідний сигнал $x(t)$ подається на вхід дискретного малохвильового перетворювача (ДМП), вихідний сигнал якого у вигляді малохвильових коефіцієнтів $c_{j,k}$ подається на другий вхід схеми віднімання та на вхід порогового пристрою (ПП). Оскільки завади і шуми мають малу енергію, то шляхом пороговування малохвильових коефіцієнтів низького рівня реалізується ефективне очищення сигналу від шумів. В результаті такої операції отримуються малохвильові коефіцієнти $c'_{j,k}$ очищеного від завад сигналу, які подаються на перший вхід схеми віднімання. На виході останньої формуються малохвильові коефіцієнти $c''_{j,k}$, значення яких пропорційне енергії шумів або завад.

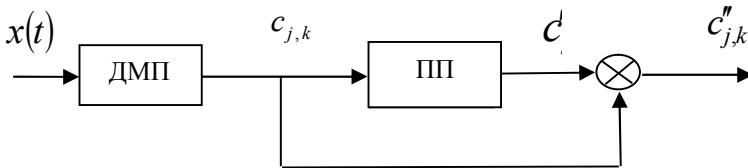


Рис.1. Узагальнена структурна схема виділення шумового сигналу

$$c''_{j,k} = c_{j,k} - c'_{j,k}$$

Самі малохвильові та масштабні коефіцієнти обчислюються відповідно наступним чином [1,2]

$$c_{j,k} = \sum_n x[n] h_j^* [n - 2^j k]; \quad b_{j,k} = \sum_n x[n] g_j^* [n - 2^j k],$$

де $x[n]$ - вибірки вхідного зашумленого сигналу; $h_j^*[n-2^j k]$ - дискретна базова малохвильова функція; де $g_j^*[n-2^j k]$ - масштабна функція.

Оцінка СКЗ напруги шуму у малохвильовій області визначається наступним чином [3]

$$U_{c.k.z} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_k b_{j_0,k}^2 + \frac{1}{n} \sum_{j \geq j_0} \sum_k c_{j,k}^2} = \sqrt{U_{j_0}^2 + \sum_{j \geq j_0} U_j^2},$$

де перший член U_{j_0} є СКЗ найнижчої частотної підсмуги j_0 , а $\{U_j\}$ є рядом СКЗ кожної частотної підсмуги або малохвильового рівня j , який є вищий або рівний масштабному рівню j_0 .

З теорії малохвильового перетворення відомо, що малохвильові коефіцієнти мають енергетичний зміст [2,3], отже представлене СКЗ напруги представляє не що інше як енергію сигналу.

Необхідно відзначити, що значення рівня розкладу малохвильового перетворення N визначається числом вибірок та частотним спектром інформаційної частини сигналу. Тип і порядок базового вейвлета може істотно впливати на якість очищення сигналу від шуму в залежності як від форми сигналів, так і від кореляційних характеристик шумів.

Подальше фільтрування комп'ютерних сигналів здійснюється шляхом порогоування їх малохвильових коефіцієнтів. Це дозволяє здійснювати якісне фільтрування сигналів без знання апіорної інформації про сигнал. Відомо, що інтенсивність шумів і завад у часовій або частотній областях подання може бути досить високою, однак їх енергія здебільшого є незначною. Тому у випадку подання сигналів з завадами у малохвильовій області представляється можливість якісного їх фільтрування шляхом порогоування малохвильових коефіцієнтів, що мають низький рівень. Рівень порогоування переважно визначається рівнем шумів або завад.

Відомо, що на практиці серед існуючих способів порогоування найбільш вживаними є жорстке, м'яке, кількісне та універсальне. Необхідно відзначити, що рівень порогоування можна задавати для кожного рівня коефіцієнтів окремо, що дозволяє синтезувати адаптивні до змін сигналу системи очищення сигналів від шумів. Задання типу і порогових рівнів очищення може здійснюватися за відомими деякими апіорними даними про характер шумів або за певними критеріями шумів у вхідному сигналі.

На рис.2 наведені вхідний і очищений від шумів дискретні сигнали. На вихідному сигналі можна бачити, що малохвильове видалення

шуму з сигналу з автоматичним налаштуванням порогу зберегло по всьому частотному діапазоні характерні форми, що формують вхідний сигнал, що не може виконати практично ніякий лінійний частотний фільтр.

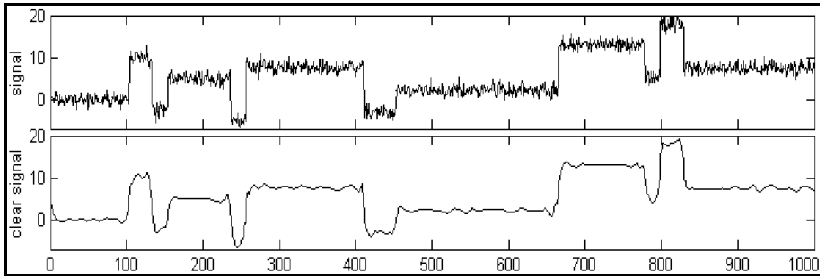


Рис. 2. Видалення шуму з сигналу з автоматичним налаштуванням порогу

В результаті операції фільтрування вхідного сигналу отримуються, як відзначалося раніше, малошвильові коефіцієнти $C'_{j,k}$ очищеного від завад сигналу, які подаються на перший вхід схеми віднімання, а на другий вхід цієї схеми подаються малошвильові коефіцієнти $C_{j,k}$, які представляють вихідний сигнал ДМП. На виході останньої формуються малошвильові коефіцієнти $C''_{j,k}$, на основі яких оцінюється енергія шумів. Як показують результати досліджень температурних шумів комп'ютерних систем похибка оцінки енергії в них не перевищує 0.5 % в діапазоні зміни температур від 15 до 80 градусів Цельсія.

5. ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що запропонований метод оцінки шумів у комп'ютерних системах на основі малошвильового перетворення сигналів дозволяє досить точно оцінювати рівень шуму в інформаційних каналах комп'ютерних систем і, таким чином, не лише контролювати рівень допустимих завад, а і діагностувати і прогнозувати виходи з ладу окремих компонентів.

Для підвищення точності оцінки шумів подальші дослідження доцільно здійснювати в напрямку адаптивного вибору базових малошвильових функцій, а також рівнів порогування в залежності від типів і рівнів шумів.

1. Charles K.Chui *An Introduction to Wavelets* / Charles K.// Department of Mathematics, Texas AEM University, 1993. 2. Young R.K. *Wavelet Theory and its Applications* / Young R.K.// – Pennsylvania State University, 1994. – (Kluwer Academic Publishers). 3. Наконечний А.Й. *Цифрова обробка сигналів: навч. посібник* / Наконечний А.Й. Наконечний Р.А., Павлич В.А. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 368с.