



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **76105** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
G11B 27/00
G11B 27/36 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 06634	(72) Винахідник(и): Сидоров Микола Олександрович (UA), Бєлозьоров Євгеній Володимирович (UA), Лебеденко Кіра Сергіївна (UA), Бєлозьорова Яна Андріївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 31.05.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.12.2012	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2012, Бюл.№ 24	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)

(54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ СЛІДІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ

(57) Реферат:

Спосіб виявлення слідів цифрової обробки цифрових графічних сигналів заснований на порівнянні параметрів сигналів, що перевіряються, які зроблено на одній апаратурі формування графічного сигналу. Для цього роблять запис зразкового графічного сигналу, після чого порівнюють параметри сигналів, що відтворюють в статистичній формі опис зразкового та досліджуваного цифрових сигналів при їх попередньому розділенні на окремі блоки, що відповідають блокам квантування при формуванні графічного сигналу, при якому усувається значна частина завад, пов'язаних з операцією квантування сигналу.

UA 76105 U

Корисна модель належить до галузі графічного запису, зокрема до галузі контролю апаратури та засобів цифрового графічного запису, й може бути використана у судовій експертизі для проведення досліджень щодо ототожнення апаратури цифрового графічного запису і ототожнення, перевірки оригінальності та дійсності графічних сигналів, виконаних на

5 такій апаратурі.

Відомий спосіб перевірки аналогових магнітних сигналів, заснований на виділенні з шумів сигналів паразитної амплітудної модуляції та перевірки і порівняння статистичних характеристик цих сигналів, вилучених з досліджуваної та зразкової сигналів (Патент України №260106 кл МКВ G11B 27/00-27/36 - аналог).

10 Відомі також способи перевірки аналогових сигналів, засновані на порівнянні розміщення на осі частот регулярних частотних складових, вилучених зі спектру шумів зразкової та досліджуваної сигналів (Рибальський О.В., Жаріков Ю.Ф., Струк І.О. "Теорія перевірки фонограм за регулярними частотними складовими їх власних шумів, що виникають у процесі запису-відтворення в аналоговій апаратурі магнітного запису" // Тези науково-практичної конференції "ФІЗИЧНІ методи та засоби контролю матеріалів та виробів "ЛЕОТЕСТ-99" (22-26 лютого 1999 р. Славське, Львівської обл.) - Київ-Львів НАНУ-1999 - С. 194-195 - аналог).

20 Такі способи не забезпечують виявлення слідів цифрової обробки і тому не придатні до перевірки автентичності цифрових сигналів. Відомий також спосіб перевірки оригінальності та автентичності аналогових магнітних сигналів, призначений для перевірки відсутності в сигналі, що перевіряється, слідів цифрової обробки. Спосіб заснований на попередньому підсиленні сигналів, що відтворюються з сигналів, перетворенні цих сигналів у цифрову форму та вилученні з підсиленої сигналів ділянок пауз між мовними інформаційними сигналами (України №27207 кл МКВ G11b 27/00, 27/36 "Спосіб перевірки оригінальності та дійсності аналогових магнітних сигналів" - найближчий аналог).

25 Цей спосіб засновано на попередньому перепуску аналогових сигналів з сигналів через фільтр нижніх частот та їх попередньому лінійному підсиленні аналоговим підсилювачем до необхідного рівня з наступним виділенням з спектру цих сигналів регулярних частотних складових, що відповідають стандартним значенням частот дискретизації, які використовуються при цифровій обробці сигналів. Спосіб надає можливість виявити сліди цифрової обробки аналогової сигналів, що забезпечує перевірки оригінальності та автентичності таких сигналів. Разом з тим, цей спосіб не дозволяє перевірити оригінальність та автентичність сигналів, якщо вона була записана на цифровій апаратурі запису аналогових сигналів (ЦАЗАС) та надана на експертизу разом з цією апаратурою як цифровий сигнал.

35 Цей недолік усувається за допомогою способу, заснованому на порівнянні параметрів сигналів, що відтворюють в статистичній формі опис зразкового та досліджуваного цифрових сигналів при їх попередньому розділенні на окремі блоки, що відповідають блокам квантування при формуванні графічного сигналу, при якому усувається значна частина завад, пов'язаних з операцією квантування сигналів.

40 Задачею корисної моделі є створення можливості перевірки автентичності цифрових графічних сигналів.

Згідно з корисною моделлю роблять запис зразкового графічного сигналу на пристрої, на якому було виконано. Далі оцінюють розмір блока квантування графічного сигналу для зразкового сигналу та сигналу, що перевіряється, та вилучають для кожного блока із зразкового сигналу та сигналу, що перевіряється, реалізації паразитних компонентів на різних ділянках цих сигналів, усувають постійну складову з паразитних сигналів, розраховують оцінку щільності ймовірності для кожного блока сигналів та вираховують за ними значення величин оцінок математичного очікування та дисперсії для оцінок щільності ймовірності кожної з реалізацій, які отримано з зразкового сигналу та сигналу, що перевіряється, після чого проводять роздільно для математичних очікувань та дисперсій перевірку приналежності до одної сукупності та/або однорідності випадкових величин оцінок математичних очікувань та дисперсій сигналу, що перевіряється, та зразкового сигналу. Виконують попередню оцінку розміру блока квантування, за рахунок якої виявляють мінімальні компоненти графічного сигналу. Всі порушення сигналів, що лежать на границях блоків квантування, розглядають як паразитні, що пов'язані з операцією квантування, та ігноруються.

55 Суть способу полягає у тому, що при підробці або змінненні цифрового сигналу використовують деякий програмно-апаратний комплекс (ПАК). При введенні (або виведенні) як і при обробці сигналів у ПАК, їх дискретизують з частотою дискретизації, яку визначають значеннями додаткових частот компонентів ПАК, в якому виконують обробку сигналу. Оскільки не буває двох однакових генераторів (як і двох кварцових резонаторів з однаковими частотами

резонансу) та двох однакових систем програмного перетворення інформації, то завжди існуватиме розбіжність між частотами дискретизації та кодування в двох різних ПАК, що проявлятиметься у виникненні частот биття між ними. Це, в свою чергу, призведе до появи додаткових частотних складових у спектрах вихідних сигналів, що піддавалися обробці.

5 Аналізувати описані сигнали можливо за рахунок виконання операції розділення на їх окремі блоки, що пов'язані з операцією їх попереднього квантування.

Оцінюють розмір блока при аналізі максимальної ймовірності періоду в характерних елементах блока. Артефакти блока проявляють як штучні неоднорідності в межах зображення. Спостерігаючи градієнт окремо вздовж кожного напрямку, і потім, відкладаючи ці дані вздовж

10 ортогонального напрямку, знаходять, де відмінності в блоці відбуваються найчастіше.

Загальний процес виявлення розміру блока квантування. Нехай X - вхідне зображення розміру $M \times N$, і $X(i, j)$ є значенням яскравості пікселя (i, j) , де $i \in \{0, \dots, M-1\}$ і $j \in \{0, \dots, N-1\}$. Всю наступну процедуру виконують спочатку в горизонтальному напрямку і потім у вертикальному напрямку. По-перше, отримують зображення градієнта вздовж бажаного напрямку. Для

15 прикладу виконують перетворення вздовж вертикального напрямку, показаного нижче

$$D(i, j) = X(i, j) - X(i-1, j) \quad i \in \{0, \dots, M-1\}. \quad (1)$$

Тоді отримують середнє число величини градієнта, відраховуючи вздовж ортогонального напрямку. Наприклад, середнє число вздовж горизонтального напрямку

$$d(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |D(i, j)| \quad i \in \{0, \dots, M-1\}. \quad (2)$$

Нехай B - розмір блока обробки (квантування), якщо він існує. Якщо обробка блока буде присутня, то у одновимірному сигналу d будуть піки в безлічі компонентів у блоці (тобто, в $i=kB$, для $k \in \mathbb{Z}$) накладених на низькочастотний сигнал. Щоб витягти ці піки, використовують один з видів фільтрації (для прикладу розглядається медіанна фільтрація). В цьому випадку, викиди - піки, розташовані в $i = kB$ для $k \in \mathbb{Z}$. Нехай d_m - відфільтровані значення d . Якщо віднімуть d_m з d безпосередньо, то отримають піки в d , який називають різницею потенціалів, одномірним підписом артефактів блока

$$d_m(i) = \text{med}\{d(i-1), d(i), d(i+1)\}, \quad (3)$$

$$d_p(i) = d(i) - d_m(i). \quad (4)$$

25 Добутий сигнал d_p є приблизно періодичним. Безумовно, очікують, що d_p нагадує набір імпульсів, де величина імпульсів визначена силою артефактів блока, і період імпульсів визначений розміром блока. Однією проблемою є присутність додаткових піків в сигналі d_p в результаті країв від об'єктів на зображенні. На краю об'єкта буде те ж саме напрямком градієнта вздовж його всієї довжини. Проте, напрямком градієнта артефактів блока коливається; іншими

30 словами, напрямком градієнта блока з однаковою ймовірністю, може бути як позитивним, так і негативним. Якби підсумовували градієнти вздовж кордону артефактів блока, значення зрівноважили б, і сума була б близькою до нуля. Але, якщо б підсумовували градієнти уздовж краю об'єкта, сума була б великою по величині. Тому, виконують наступну перевірку. Нехай сигнал $c(i)$ є сумою градієнтів, але не величинами градієнта

$$c(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |D(i, j)| \quad i \in \{0, \dots, M-1\}. \quad (5)$$

35 Пік в цьому сигналі вказує на присутність краю. Тому, знаходять $c_p = c - c_m$, де c_m - медіа-фільтрована версія c . Тоді встановлюють $d_p(i) = 0$ для всіх i де $c_p(i) > \tau$, для деякого відповідного порога τ . Періодичність d_p дозволяє використовувати схему оцінки максимальної ймовірності, щоб визначити період d_p сигналу. Припускають, що d_p складається з відомого періодичного сигналу s плюс нульового середнього так званого гауссівського шуму

$$d_p(i) = s(i) + n(i) \quad i \in \{0, \dots, M-1\}. \quad (6)$$

40 Висловлюють сигнал s як періодичне повторення сигналу q з періодом B :

$$s(i) = q(i \bmod B) \quad (7)$$

Умовна функція щільності ймовірності d_p

$$p(d_p | s, \sigma^2, B) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{\frac{M-1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^{M-1} (d_p(i) - s(i))^2\right), \quad (8)$$

де σ^2 відмінність шуму $p(i)$. Необхідно відзначити, що шумовий сигнал p не є точно гауссовим. Через природу усереднюючого фільтра, моделюють $p(i)$ як змішану випадкову змінну, де функція щільності ймовірності має імпульс в $i=0$ і є гауссівською. Однак, так як p є

5

приблизно гауссівським, продовжують застосовувати оцінку максимальної ймовірності i в кінцевому рахунку досягають задовільних результатів.

Щоб отримати оцінку максимальної ймовірності (МЙ), максимізують умовну функцію щільності ймовірності $p(d_p | s, \sigma^2, B)$ з критерієм параметра сигналу s , шумовим відмінністю σ^2 , і

періодом B . Визначають установки як $I = (i, B) = \{kB + i | k \in Z\} \cap \{1, \dots, M-1\}$. Оцінка МЙ для сигналу

10

$$s \text{ щодо } B \text{ тоді набуде вигляду}$$

$$\hat{s}(i; B) = \hat{q}(i \bmod B; B), \quad (9)$$

де

$$\hat{q}(i; B) = \frac{1}{|I(i; B)|} \sum_{l \in I(i; B)} d_p(l). \quad (10)$$

Різницю в шумі p оцінюють як

$$\hat{\sigma}^2(B) = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^{M-1} (d_p(i) - \hat{s}(i; B))^2. \quad (11)$$

Нарешті, показують, що передбачуваний період \hat{B} , який максимізує $p(d_p | s, \sigma^2, B)$ досягнутий, мінімізуючи передбачувану шумову відмінність $\hat{\sigma}^2(B)$ як функції від B :

$$\hat{B} = \underset{B}{\operatorname{argmin}} \hat{\sigma}^2(B). \quad (12)$$

15

Це - оцінка для розміру блока вздовж одного виміру (наприклад, вертикального виміру). Повторюють процес для іншого напрямку, щоб отримати оцінку для розміру блока в обох напрямках. Інша проблема полягає в тому, що $\hat{\sigma}^2(B) = \hat{\sigma}^2(kB)$ для всіх $k \in Z$. Уникають цієї проблеми при використанні зміненої оцінки для q :

$$\hat{q}(i; B) = \begin{cases} \frac{1}{|I(i; B)|} \sum_{l \in I(i; B)} d_p(l) & i = 0, 1, B-1 \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}. \quad (13)$$

20

Такий підхід при виборі q значно зменшує шанс неправильного отримання кратного числа істинному розміром блока.

Таким чином, отримують розмір блока квантування. Розглядаючи компоненти сигналу, з розбиттям на блоки обчисленого розміру, виконують аналіз блоків на наявність характерних частотних компонент для зразкового сигналу та досліджуваного сигналу.

25

В зв'язку з тим, що всі без винятку сигнали при обробці в ПАК будуть зазнавати таких спотворень, виділяють регулярні частотні складові, спектр яких можна порівнювати.

Такими складовими можуть бути, наприклад, регулярні частотні складові, що утворюються в спектрі власних шумів сигналів за рахунок роботи якихось окремих електронних схем, що вносять такі спотворення. Але у більшості апаратури формування медіа-сигналу рівень таких складових, в разі правильного проектування апаратури, не перевищує рівня молодшого розряду аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), що значно ускладнює їх виділення та обробку при аналізі. Тому такі складові для порівняння зразкового та досліджуваного сигналу можна виділяти з сигналів квантування з наступним аналізом розбіжностей компонентів сигналу всередині блока квантування за рахунок використання систем спектрального аналізу.

35

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб виявлення слідів цифрової обробки цифрових графічних сигналів заснований на порівнянні параметрів сигналів, що перевіряються, які зроблено на одній апаратурі формування графічного сигналу, який **відрізняється** тим, що роблять запис зразкового графічного сигналу,

- оцінюють розмір блока квантування графічного сигналу для зразкового сигналу та сигналу, що перевіряється, та вилучають для кожного блока із зразкового сигналу та сигналу, що перевіряється, реалізації паразитних компонентів на різних ділянках цих сигналів, усувають постійну складову з паразитних сигналів, розраховують оцінку щільності ймовірності для кожного блока сигналів та вираховують за ними значення величин оцінок математичного очікування та дисперсії для оцінок щільності ймовірності кожної з реалізацій, які отримано з зразкового сигналу та сигналу, що перевіряється, після чого проводять роздільно для математичних очікувань та дисперсій перевірку приналежності до одної сукупності та/або однорідності випадкових величин оцінок математичних очікувань та дисперсій сигналу, що перевіряється, та зразкового сигналу.
- 10 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що виконують попередню оцінку розміру блока квантування, за рахунок якої виявляють мінімальні компоненти графічного сигналу.
- 15 3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що всі порушення сигналів, що лежать на границях блоків квантування, розглядають як паразитні, що пов'язані з операцією квантування, та ігноруються.

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601