



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60403 (13) C2

(51) 7 G11B27/00, G11B27/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ПЕРЕВІРКИ АВТЕНТИЧНОСТІ ЦИФРОВИХ СИГНАЛОГРАМ

1

(21) 2002031835

(22) 05 03 2002

(24) 15 10 2003

(46) 15 10 2003, Бюл. № 10, 2003 р.

(72) Рибальський Олег Володимирович, Жаріков  
Юрій Федорович(73) НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ВНУТРІШНІХ  
СПРАВ УКРАЇНИ(56) патент України №27207, G11B27/00,  
G11B27/00, публ. 15 08 2000(57) 1 Спосіб перевірки автентичності цифрових  
сигналограм, заснований на попередньому  
перепуску аналогових сигналів з сигналогами  
через фільтр нижніх частот та їх попередньому  
лінійному підсиленні аналоговим підсилювачем до  
необхідного рівня, який відрізняється тим, що на  
зразкову сигналограму записують сигнали

2

мовлення людини, яку ідентифікують, з  
досліджуваної та зразкової сигналограм виділяють  
гармонічні сигнали, що виникають при вимовлянні  
ударних голосних звуків, та вимірюють спектр для  
кожного виділеного голосного звука, проводячи  
порівняння їхнього розташування на осі частот,  
причому введення сигналограм у цифровій формі  
для аналізу проводять з частотою дискретизації,  
яка значно перевищує частоту дискретизації  
цифрової апаратури, на якій записувалися  
сигналами, що аналізуються

2 Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що  
порівняльний аналіз сигналограм проводять  
шляхом порівняння вейвлет-портретів, які  
обчислюють для зразкової та досліджуваної  
сигналаграм

Винахід відноситься до галузі цифрового  
запису аналогової інформації, зокрема до області  
неруйнівного контролю цифрових сигналограм та  
ідентифікації апаратури цифрового запису  
аналогової інформації, і може бути використаний  
для інструментальних досліджень при проведенні  
криміналістичних та судових експертиз матеріалів  
аудіо- та відеозапису

Відомий спосіб перевірки аналогових  
магнітних сигналограм, заснований на виділенні з  
шумів сигналогами сигналів паразитної  
амплітудної модуляції та перевірки і порівняння  
статистичних характеристик цих сигналів,  
вилучених з досліджуваної та зразкової  
сигналаграм (див. Патент України №260106 кл.  
МКВ G 11 b 27/00 - 27/36 - аналог)

Відомі також способи перевірки аналогових  
сигналаграм, засновані на порівнянні розміщення  
на осі частот регулярних частотних складових,  
вилучених зі спектру шумів зразкової та  
досліджуваної сигналогами (див., наприклад,  
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 1999р Славське, Львівської  
обл.) - Київ-Львів НАНУ -1999 - С 194-195 -  
аналог)

Такі способи не забезпечують виявлення  
слідів цифрової обробки і тому не придатні до  
перевірки автентичності цифрових сигналограм

Відомий також спосіб перевірки  
оригінальності та автентичності аналогових  
магнітних сигналограм, призначений для перевірки  
відсутності в сигналограмі, що перевіряється,  
слідів цифрової обробки Спосіб заснований на  
попередньому підсиленні сигналів, що  
відтворюються з сигналогаграм, перетворенні цих  
сигналів у цифрову форму та вилученні з  
підсиленої сигналогами ділянок пауз між  
мовними інформаційними сигналами (див. патент  
України №27207 кл. МКВ G 11 b 27/00, 27/36  
"Спосіб перевірки оригінальності та дійсності  
аналогових магнітних сигналогаграм" - прототип)

Цій спосіб засновано на попередньому  
перепуску аналогових сигналів з сигналогами  
через фільтр нижніх частот та їх попередньому

(13) C2

(11) 60403

(19) UA

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 сигналограми, що забезпечує перевірки оригінальності та автентичності таких сигналограм. Разом з тим, цей спосіб не дозволяє перевірити оригінальність та автентичність сигналограм, якщо вона була записана на цифровій апаратурі запису аналогових сигналів (ЦАЗАС) та надана на експертизу разом з цією апаратурою як цифрова сигналограма, що може бути відтворена в аналоговій формі.

Цей недолік усувається за допомогою способу, заснованому на порівнянні параметрів сигналів, що відтворюють в аналоговій формі з зразкової та досліджуваної цифрових сигналограм при їх попередньому підсиленні лінійним підсилювачем до максимального рівня, при якому не виникає амплітудних обмежень у сигналах, що підсилюються, та перепуску підсилених сигналів через фільтр нижніх частот.

Метою винаходу є створення можливості перевірки автентичності цифрових сигналограм.

Поставлена мета досягається тим, що на зразкову сигналограму записують сигнали мовлення людини, яку ідентифікують, з досліджуваної та зразкової сигналограм виділяють гармонічні сигнали, що виникають при вимовлянні ударних голосних звуків, та вимірюють спектр для кожного виділеного голосного звуку, проводячи порівняння їхнього розташування на осі частот, причому введення сигналограм у цифровій формі для аналізу проводять з частотою дискретизації, яка значно перевищує частоту дискретизації цифрової апаратури, на якій записувалися сигналограми, що аналізуються.

Для забезпечення необхідної роздільної здатності аналізатора спектру порівняльний аналіз сигналограм проводять шляхом порівняння вейвлет-портретів, які обчислюють для зразкової та досліджуваної сигналограм.

Сутність способу полягає у тому, що при підробці або копіюванні цифрових сигналограм їй необхідно ввести у ЕОМ. При введенні (або виведенні) як і при обробці сигналів у ЕОМ, вони будуть дискретизуватися з частотою дискретизації, яка визначається дійсним (а не номінальним) значенням частоти тактового генератора пристрою, в який вводиться сигналограма. Оскільки не буває двох однакових генераторів (як і двох кварцових резонаторів з однаковими частотами резонансу), то завжди існуватиме розбіжність між частотами дискретизації двох різних пристроїв (наприклад, цифрового магнітофону та ЕОМ), що проявлятиметься у виникненні частот биття між ними. Це, в свою чергу, призведе до появи додаткових частотних складових у спектрах вихідних сигналів сигналограм, що піддавалися обробці.

Дійсно, якщо первинний сигнал був

$S_1(t) = A_m \cos \omega t$ , то його спектр (при уявленні дискретизованого сигналу за допомогою функції  $\text{rect}$ ) на виході першого ЦАП, тобто на виході цифрової апаратури запису аналогових сигналів (ЦАЗАС), визначається співвідношенням

$$S_1(\omega) = F \left[ \sum_{k=-\infty}^{\infty} \text{rect} \left( \frac{1 - \eta_1 T_1}{T_1} \right) \delta(\omega - \omega_0 - k \omega_D) \right] = \frac{A_m \omega_D}{\omega} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[ \delta(\omega - \omega_0 - k \omega_D) + \delta(\omega - \omega_0 - k \omega_D) \right] \quad (1)$$

де

$k_1$  - номер відліку (вибірки) сигналу на виході ЦАЗАС,

$T_1$  - шаг дискретизації аналогових сигналів (АС) в ЦАЗАС,

$A_m$  - амплітуда,

$\{f_k\}$  - перетворення Фур'є відповідних сигналів,

$\omega_{D1}$  - частота дискретизації в АЦП і ЦАП ЦАЗАС,

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Якщо сигнал з таким спектром пропустити через ЕОМ, а потім переписати знов на той же самий екземпляр ЦАЗАС, то спектр перезаписаного сигналу визначатиметься співвідношенням

$$S_{E1}(\omega) = \frac{A_m \omega_D \omega_{D2}}{2\omega^2} \left[ \cos 2\pi \left( \frac{1}{\omega_D} - \frac{1}{\omega_{D2}} \right) - \cos 2\pi \left( \frac{1}{\omega_D} + \frac{1}{\omega_{D2}} \right) \right] \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\delta(\omega - \omega_1 - k \omega_{D2}) + \delta(\omega - \omega_1 - k \omega_{D2})] \quad (2)$$

$\omega_{D2}$  - частота дискретизації в АЦП і ЦАП ЕОМ,

$k_2$  - номер відліку (вибірки) сигналу на виході ЕОМ,

$Q$  - шпаруватість імпульсів вибірки в АЦП ЕОМ (в разі цифрового вводу - виводу сигналів між пристроями, що приймають участь в обробці сигналів).

Тобто у спектрі вихідного АС з'являються додаткові частотні складові, що містяться у спектрі сигналограм.

Якщо в обробці приймали участь декілька пристроїв із своїми дискретизаторами, то кількість додаткових частотних складових у спектрі сигналограм підвищується пропорційно кількості дискретизаторів, через які проходив первинний сигнал.

В зв'язку з тим, що всі без винятку сигнали будуть зазнавати таких спотворень, необхідно виділяти регулярні частотні складові, спектр яких можна порівнювати.

Такими складовими можуть бути, наприклад, регулярні частотні складові, що утворюються в спектрі власних шумів сигналограм за рахунок роботи якихось окремих електронних схем, що вносять такі спотворення. Але у ЦАЗАС рівень таких складових, в разі правильного проектування апаратури, не перевищує рівня молодшого розряду АЦП, що значно ускладнює їх виділення та обробку при аналізі. Тому такі складові для порівняння зразкової та досліджуваної сигналограм можна виділяти з сигналів мовлення, якщо ці сигнали записувалися від голосу одної людини на одному апараті запису. Оскільки необхідно порівнювати гармонічні сигнали, необхідно виділяти з сигналограми сигнали ударних голосних звуків, що мають гармонічний характер.

Розбіжність частот дискретизації різних пристроїв складає частки герц, тому для проведення аналізу необхідно застосовувати

спектральні аналізатори, які побудовані на вейвлет перетвореннях, а не швидкому перетворенні Фур'є, яке не забезпечує необхідної роздільної здатності аналізатору в широкій смузі частот (що забезпечується вейвлетами)

Щоб при аналізі сигналів у ЕОМ уникнути дій дискретизації сигналів, що аналізуються, на результати аналізу при їх введенні частоту дискретизації обирають так, щоб вона значно перевищувала частоту дискретизації у ЦАЗАС, на якій записувалися сигнали

Запропонований спосіб може бути реалізований за допомогою пристрою, функціональна схема якого надана на кресленні

Пристрій складається з вхідного лінійного підсилювача (ВП) 1, фільтру нижніх частот (ФНЧ) 2, аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) 3, першого оперативного пристрою запам'ятовування (ОЗП1) 4, блоку вимірювання та відображення (БВВ) 5, цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) 6, гучномовця 7, другого оперативного пристрою запам'ятовування (ОЗП2) 8, блоку управління аналізом (БУА) 9, блоку аналізу (БА) 10 та генератору тактової частоти (ГТЧ) 11

Вихід ВП 1 через ФНЧ 2 пов'язано з входом АЦП 3. Вихід АЦП 3 підключено до входу ОЗП1 4, а його вихід - до входу БВВ 5 та ЦАП 6. Вихід ЦАП 6 з'єднаний з гучномовцем 7. БВВ 5 своїм виходом та своїм входом підключений до входу і виходу ОЗП2 8. Вихід ОЗП2 8 з'єднаний з входом БА 10, а вихід БА 10 - з другим входом ОЗП2 8. Керуючі входи БВВ 5 та ОЗП2 8 підключені до виходу БУА 9. Входи синхронізації АЦП 3, ОЗП1 4, БВВ 5, ЦАП 6, ОЗП2 8, БУА 9, БА 10 підключені до ГТЧ 11.

Пристрій працює наступним чином. Сигнали відтворюються з сигна-лограми та через

аналоговий вихід ЦАЗАС (на кресленні умовно не показана) надходять на вхід ВП 1, де підсилюються до необхідного рівня. З виходу ВП 1 аналогові сигнали через ФНЧ 2 приходять на вхід АЦП 3, де перетворюються у цифрову форму та цифровими словами надходять на вхід ОЗП1 4, де записуються у цифровій формі. З виходу ОЗП1 4 сигнали надходять на БВВ 5, де вони відображаються, та одночасно приходять на ЦАП 6, звідки поступають на гучномовець 7 та відтворюються у вигляді звукових сигналів. Оператор через БУА 9 відбирає потрібні сигнали, користуючись їх відтворенням через гучномовець 7 та їх візуалізацією на БВВ 5. Обрані оператором сигнали за командами, що виробляються у БУА 9 по вказівках оператора, надходять у ОЗП2 8, де запам'ятовуються. З виходу ОЗП2 8 сигнали, відібрані для аналізу, надходять до БА 10, де відбувається їх спектральний аналіз. БА 10 побудований на вейвлет перетвореннях. Результати аналізу надходять у ОЗП2 8, де запам'ятовуються. З виходу ОЗП2 8 проаналізовані сигнали з досліджуваної та зразкової сигналів надходять у БВВ 5 для порівняння оператором.

Оператор приймає рішення на базі вимірювань частот сигналів, що аналізувалися та надійшли у БВВ 5 у вигляді вейвлет портретів.

Таким чином, в разі появи додаткових частотних складових в гармонічних сигналах, що виділені з досліджуваної сигналограми, вони будуть виявлені при порівнянні вейвлет портретів, а перевірка по сигналах декількох ударних голосних забезпечить необхідну кількість ознак цифрової обробки сигналограми, необхідних для прийняття обґрунтованого рішення.

