

УДК 004.056.53

**Нємкова Олена Анатоліївна,**кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент  
НУ "Львівська політехніка", м. Львів, Україна  
ORCID ID 0000-0003-0690-2657**Шандра Зіновій Антонович,**кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент  
НУ "Львівська політехніка", м. Львів, Україна  
ORCID ID 0000-0001-8338-1096

## СТАБІЛЬНІСТЬ АВТЕНТИФІКАЦІЙНИХ ОЗНАК ВНУТРІШНІХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ШУМІВ КОМП'ЮТЕРІВ

*Стаття присвячена експериментальному дослідженню впливу на шаблони аутентифікації внутрішніх електричних шумів комп'ютера як зовнішніх електромагнітних полів різної природи, так і найбільш ймовірних внутрішніх причин, що виникають при роботі комп'ютера. Отримані такі результати: інтенсивні електромагнітні поля, які існують у районах аеропортів, телерадіотрансляційних вишок, а також сплески електромагнітних полів, які передують грозам, є фактором ризику успішної аутентифікації. Такі причини, як інтенсивне навантаження центрального процесора, робота офісної та побутової техніки, знижені й підвищені температури, умови електротранспорту, не перешкоджають успішній аутентифікації.*

**Ключові слова:** аутентифікаційний шаблон; внутрішні електричні шуми; комп'ютер; зовнішні електромагнітні поля; фактор ризику.

*Статья посвящена экспериментальному исследованию влияния как внешних электромагнитных полей различной природы, так и наиболее вероятных внутренних причин, возникающих при работе компьютера на шаблоны аутентификации внутренних электрических шумов. Были получены следующие результаты: интенсивные электромагнитные поля, которые существуют в районах аэропортов, телерадиотрансляционных вышек, а также всплески электромагнитных полей, которые предшествуют грозам, являются фактором риска успешной аутентификации. Такие причины, как интенсивная загрузка центрального процессора, работа офисной и бытовой техники, пониженные и повышенные температуры, условия электротранспорта, не препятствуют успешной аутентификации.*

**Ключевые слова:** аутентификационный шаблон; внутренние электрические шуми; компьютер; внешние электромагнитные поля; фактор риска

**Вступ.** Останнім часом спостерігається зростання інтересу дослідників до систем автентифікації електронних пристроїв на основі їх індивідуальних відмінностей. В основному такий інтерес зумовлений задачами інформаційної безпеки, у тому числі безпеки інфокомунікаційних систем сучасного суспільства

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

[1, 2], електронного банкінгу [3], Інтернету речей [4], елементів систем Scada [5], а також іншими задачами, наприклад, автентичністю медіафайлів [6], перевіркою на контрафактність електронних пристроїв без проведення руйнівного контролю [7] та інше. Виробництво електронних пристроїв забезпечує їх функціонування у межах відмовостійкості і не має на меті фізичну ідентичність. Незначні допустимі відхилення у технологічному процесі виготовлення інтегральних мікросхем зумовлюють специфічність внутрішніх електричних шумів при роботі мікросхем. Також у процесі зборки електронних пристроїв використовують комплектацію з певними допусками електричних параметрів, що так само впливає на вихідні електричні сигнали або специфіку внутрішніх електричних шумів. Кожний електронний пристрій має відмінності на фізичному рівні, які впливають на електричні шуми. Тому аналіз шумів дає можливість провести автентифікацію електронного пристрою.

### Постановка проблеми й мета статті

Експерименти з автентифікації різноманітних електронних пристроїв, у тому числі комп'ютерів, за внутрішніми електричними шумами в ідеальних умовах показують хороші результати – точність автентифікації часто може бути вища 95 [8], але вона може значно погіршитися за наявності зовнішніх електромагнітних наведень. Так, сучасні населені місця характеризуються складною картиною електромагнітного випромінювання [9], напруженість якого має тенденцію до зростання, в тому числі після введення стандарту 4G.

Стабільність автентифікаційних ознак має вирішальне значення для методики, яка полягає у порівнянні характеристик, розрахованих із вимірів внутрішніх електричних шумів комп'ютерів. Достатньо сильне зовнішнє електромагнітне поле, у зоні якого може опинитись комп'ютер/ноутбук, може повністю змінити сумарний вимірювальний сигнал шуму. В результаті автентифікація за шумом комп'ютера у інфокомунікаційній мережі буде неможливою.

Нестабільність внутрішніх електричних шумів може бути наслідком роботи широтно-імпульсного перетворювача напруги живлення (DC/AC) – нестабільності частоти і фронтів імпульсів ШІП. Подібні нестабільності також можуть призвести до хибної автентифікації.

Метою цієї роботи є дослідження впливу зовнішніх і внутрішніх збурюючих факторів на автентифікаційні ознаки внутрішнього електричного шуму комп'ютера/ноутбука.

### Основна частина

У попередньому дослідженні [10] було доведено можливість автентифікації комп'ютерів / ноутбуків за внутрішнім електричним шумом шляхом порівняння шаблонів, розрахованих із нормованих автокореляційних функцій шуму. Така можливість зумовлена усталенням форми автокореляційної функції після певної довжини запису шуму.

Нехай  $x_i$  – значення напруги шуму для відліку і осцилограми шуму, характерні значення  $x_i$  для стаціонарних комп'ютерів склали 200 мкВ. Нормована автокореляційна функція розрахована за формулою

$$a_k = \frac{1}{\text{var}(x)(N+1)} \sum_{i=1}^N (x_{k+i} - \bar{x})(x_i - \bar{x}) \quad (1)$$

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

де  $var(x)$  – дисперсія ряду значень шуму, характерні значення  $N$  починаються від  $N=22050$ , частота дискретизації  $44,1\text{кГц}$ , розрядність АЦП дорівнює 16. Бітовий шаблон вводиться як рядок бітів, значення яких визначається за умовою

$$B_n^I = \begin{cases} 1, & a_{n+1} \geq a_n \\ 0, & a_{n+1} < a_n \end{cases} \quad (2)$$

Порівняння двох шаблонів відбувається за нормованою на довжину бітового шаблону відстанню за Хемінгом

$$H(B^I, B^J) = \frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^{N_0} |B_n^I - B_n^J| \quad (3)$$

Характерні значення  $N_0$  1000 біт. Перед проведенням автентифікації за бітовим шаблоном слід визначити поріг.

Для комп'ютерів із низьким рівнем шуму, як правило, це стосується якісних ноутбуків, для яких значення амплітуди шуму складає 30 мкВ, на корелограмі шуму спостерігаються різкі піки, розташовані на чітко визначених позиціях лагів  $b_i$  автокореляційних функцій (шаблон піків)

$$a_{\alpha_i} \gg a_{j \neq \alpha_i} \quad (4)$$

Набір лагів однаковий для всіх досліджених комп'ютерів, відстань між лагами складає 2047 відліків. Різні комп'ютери відрізняються між собою висотами піків. Наявність піків для визначених позицій лагів корелограм шуму утворює групову ідентифікаційну ознаку комп'ютерів із низьким рівнем шуму. Порівняння двох шаблонів піків, утворених із двох послідовностей значень автокореляційних функцій  $\{a1\}$  і  $\{a2\}$  та вектором порогів  $\{\Delta\}$ , відбувається так:

$$A_i = \begin{cases} 1, & |a1_{\alpha_i} - a2_{\alpha_i}| \leq \Delta \\ 0, & o \end{cases} \quad (5)$$

Якщо хоча б одне із значень  $A_i$  дорівнює нулю, відбувається негативна автентифікація.

Дослідження впливу різноманітних збурюючих факторів впливу було проведено за допомогою ноутбука з низьким рівнем внутрішніх електричних шумів. Перелік збурюючих факторів впливу для ноутбуків більший, ніж для стаціонарних комп'ютерів, внаслідок їх можливої мобільності. Було досліджено вплив на стабільність внутрішніх електричних шумів – відхилення поточних шаблонів за межі порогу автентифікації – наступних факторів, а також можливості автентифікації за шумами:

- змінне завантаження центрального процесора внаслідок проведення розрахунків в умовах офісу;
- перегляд фільму зі звуком/ перегляд фільму без звуку на комп'ютері, на якому вимірюють шуми;

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

- коливання температури навколишнього середовища в умовах офісу;
- зовнішніх електромагнітних полів в умовах знаходження в районі аеропортів; телевежі; під час передгрозової погоди;
- роботи мобільного телефону і радіотелефону у безпосередньої близькості до ноутбуку, на якому вимірюють шуми;
- роботи побутової техніки з електромоторами;
- електротранспорті (поїзд, тролейбус), на вулиці.

Методика дослідження впливу збурюючих факторів полягала у наступному:

1) проведення калібрувального вимірювання внутрішнього електричного шуму за відсутності збурюючих факторів, запис результатів у файл f1.

2) проведення вимірювання внутрішнього електричного шуму при наявності збурюючого фактора, запис результатів у файл f2.

3) розрахунок за даними файлів (f1 і f2) нормованих оцінок автокореляційних функцій (AC1 і AC2) та бітових (B1 і B2) і пікових (P1 і P2) шаблонів.

4) надходження:

– нормованої відстані за Хемінгом  $H(B1, B2)$  між бітовими шаблонами та порівняння її з порогом автентифікації, який склав для даного ноутбука в умовах офісу значення  $H=0.044$  при довжині автокореляційної функції 22050 відліків.

– набору значень  $\{A\}$  при порівнянні пікових шаблонів на основі попередньо визначеної послідовності  $\{\Delta\}$  за вимірами шуму в умовах офісу.

Експерименти показали таке.

#### *Змінне завантаження центрального процесора*

Для дослідження впливу змінного завантаження центрального процесора (ЦП) запущено виконання програми в MathCad, для спостереження за рівнем завантаження використано програмне забезпечення Aida64. Характерні значення завантаження ЦП для двох моментів часу наведено на рис. 1.

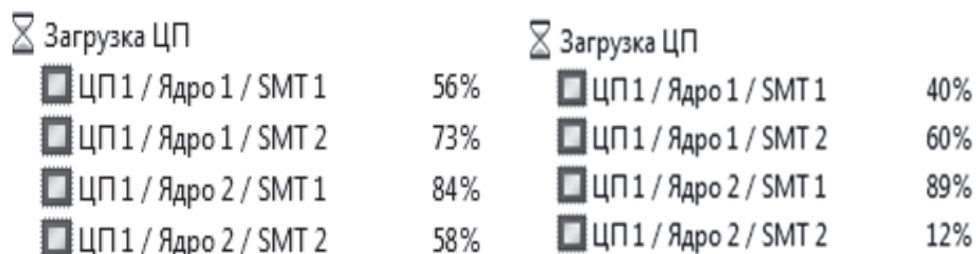


Рис. 1. Завантаження ЦП при виконанні розрахунків

Одночасно з цим відбувався запис шуму. У подальшому було розраховано шаблони і виконано порівняння між поточними шаблонами та шаблонами калібрувального вимірювання. Відмінностей між шаблонами у межах порогів не виявлено.

#### **Перегляд відео зі звуком / без звуку**

Інколи користувачі під час роботи вмикають фонову музику або переглядають відео під час перерви. Звукова карта комп'ютера / ноутбука може працювати у повнодуплексному режимі. Під час перегляду відео з увімкненим звуком проведено запис сигналу з АЦП звукової карти. Результати розрахунку автокореляційних функцій наведено на рис. 2 та 3.

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

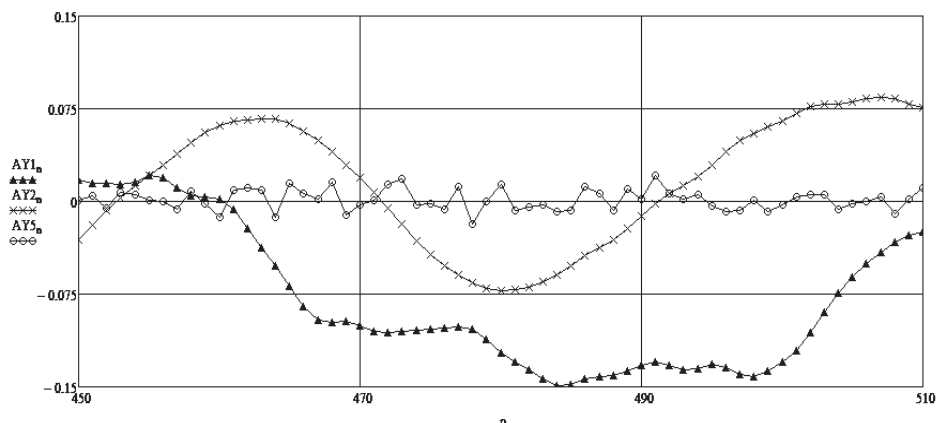


Рис. 2. Фрагменти корелограм записів сигналу з двох файлів, записаних при перегляді відео (символи  $\Delta$  та  $X$ ) та сигналу калібрування (символ  $o$ )

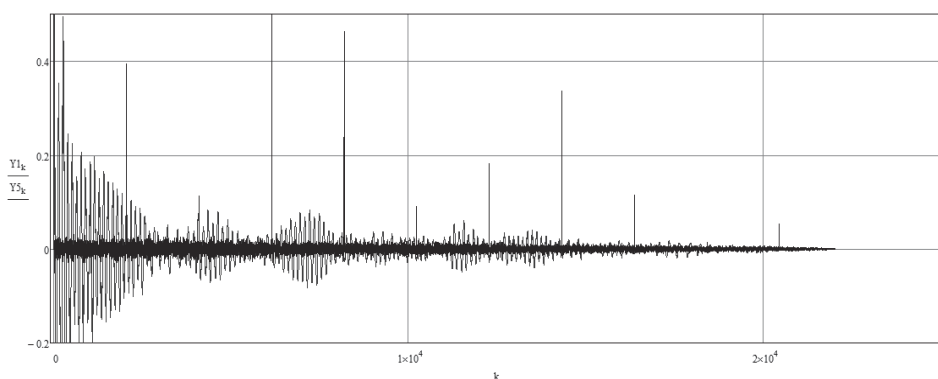


Рис. 3. Корелограми записів сигналу з файла, записаного при перегляді фільму (сірий колір) та сигналу калібрування (чорний колір)

У таблиці 2 наведено нормовані відстані за Хемінгом при порівнянні бітових шаблонів

Таблиця 2

**Нормовані відстані за Хемінгом між поточними шаблонами в умовах перегляду відео зі звуком**

|                     | Поточний шаблон 1 | Поточний шаблон 2 | Поточний шаблон 3 | Шаблон калібрування |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Поточний шаблон 1   | –                 | 0.508             | 0.508             | 0.505               |
| Поточний шаблон 2   | 0.508             | –                 | 0.480             | 0.461               |
| Поточний шаблон 3   | 0.508             | 0.480             | –                 | 0.500               |
| Шаблон калібрування | 0.505             | 0.461             | 0.500             | –                   |

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

Результат розрахунку вектора  $A$  при порівнянні шаблонів піків  $A=(0,0,0,0,0,0,0,0,0)$  – хибна негативна автентифікація.

Нормована відстань за Хемінгом значно більша за поріг, який складає 0.044. Таким чином, автентифікація комп'ютера / ноутбука за шумами при перегляді фільму з прослуховуванням неможлива. Для забезпечення проходження автентифікації потрібно вимикати відтворення звуку на ЦАП у програмний спосіб на час запису сигналу шуму. Одномоментне вимикання звуку на 1 с практично не вплине на інформаційну цінність звукової інформації.

Перегляд відео без звуку не змінює шаблонів, що зумовлює успішне проходження автентифікації.

#### *Коливання температури навколишнього середовища в умовах офісу*

Дані випробування було проведено для чотирьох значень температур: 36 °С, 24 °С, 18 °С, 5 °С, хоча два крайні значення не зовсім підпадають під означення офісної температури. Для вирівнювання температури ноутбука з температурою навколишнього середовища він залишався при обраній температурі упродовж години, після чого проводилось вимірювання шуму. Можна було би очікувати вплив низьких температур на стабільність шуму, оскільки при зниженні температури зменшується ємність акумуляторної батареї. Для цього ноутбука результати зменшення температури не вплинули суттєво на шаблон автентифікації. За вимірами шуму при різних температурах пораховано автокореляційні функції, форма яких практично залишилась незмінною. Фрагменти корелограм шуму наведено на рис. 4. У таблиці 3 наведено нормовані відстані за Хемінгом.

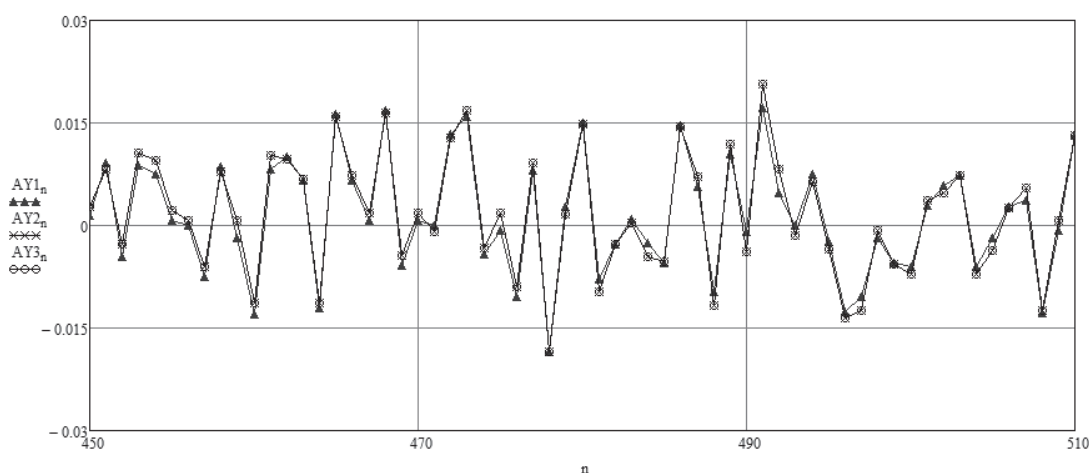


Рис. 4. Фрагменти корелограм шуму, записаного для різних температур навколишнього середовища (18°С – символ  $\Delta$ , 24°С – символ  $\square$ )

Результат розрахунку вектора  $A$  при порівнянні шаблонів піків  $A=(1,1,1,1,1,1,1,1,1)$  – успішна автентифікація.

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

Нормовані відстані за Хемінгом між поточними шаблонами для різних температур навколишнього середовища

|                      | Поточний шаблон (5) | Поточний шаблон (18) | Поточний шаблон (24) | Поточний шаблон (36) | Шаблон калібрування |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Поточний шаблон (5)  | 0                   | 0                    | 0.044                | 0.044                | 0.044               |
| Поточний шаблон (18) | 0                   | 0                    | 0.044                | 0.044                | 0.044               |
| Поточний шаблон (24) | 0.044               | 0.044                | 0                    | 0                    | 0                   |
| Поточний шаблон (36) | 0.044               | 0.044                | 0                    | 0                    | 0                   |
| Шаблон калібрування  | 0.044               | 0.044                | 0                    | 0                    | 0                   |

*Зовнішні електромагнітні поля (в умовах знаходження в районі аеропортів; телевежі; під час передгрозової погоди)*

Вплив зовнішніх змінних електромагнітних полів визначався шляхом вимірювання внутрішнього електричного шуму ноутбука при знаходженні його у зоні ймовірної дії цього збурюючого фактора. Досліджено вплив збурюючих факторів у аеропорту, у безпосередній близькості до телевежі (прийом сигналу мобільного телефону відбувався нормально), а також під час передгрозових погодних умов у офісі. Отримано наступні результати. У серіях файлів запису сигналу шуму виявлені такі, що містять шуми значно більшої амплітуди порівняно з рівнем калібрувального шуму. Результати експериментів (осцилограми шумів, фрагменти корелограм шуму, корелограми для всього діапазону розрахунків) наведено на рис. 5–7.

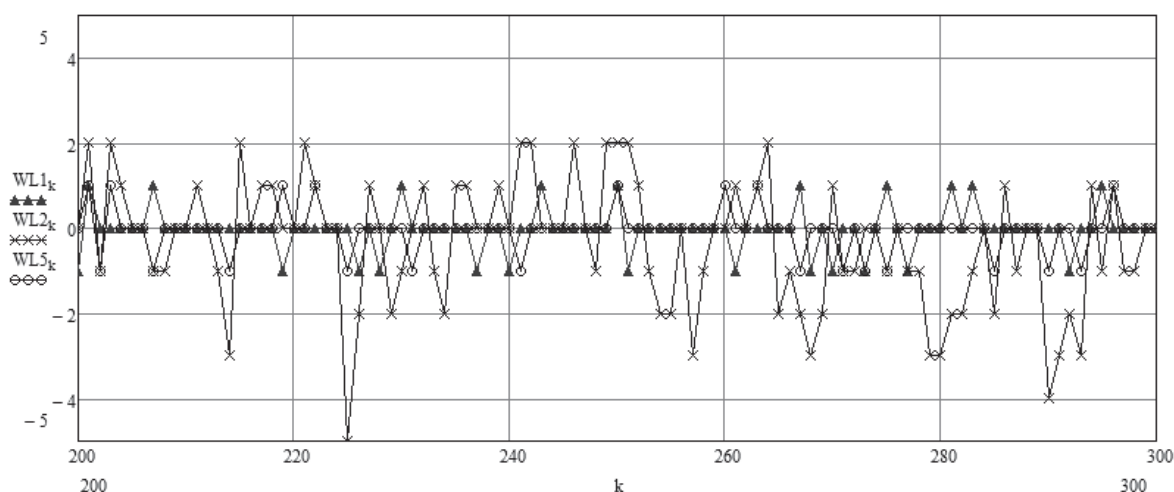


Рис. 5. Осцилограми шуму, запис в аеропорту. Сигнал калібрування позначено символом о.

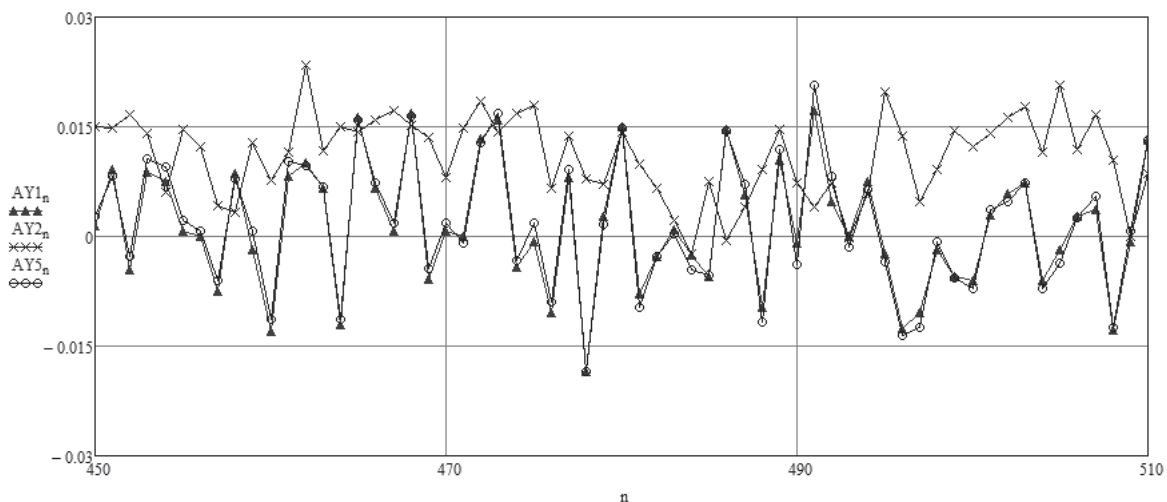


Рис. 6. Фрагменти корелограм шуму відповідно до рис. 5

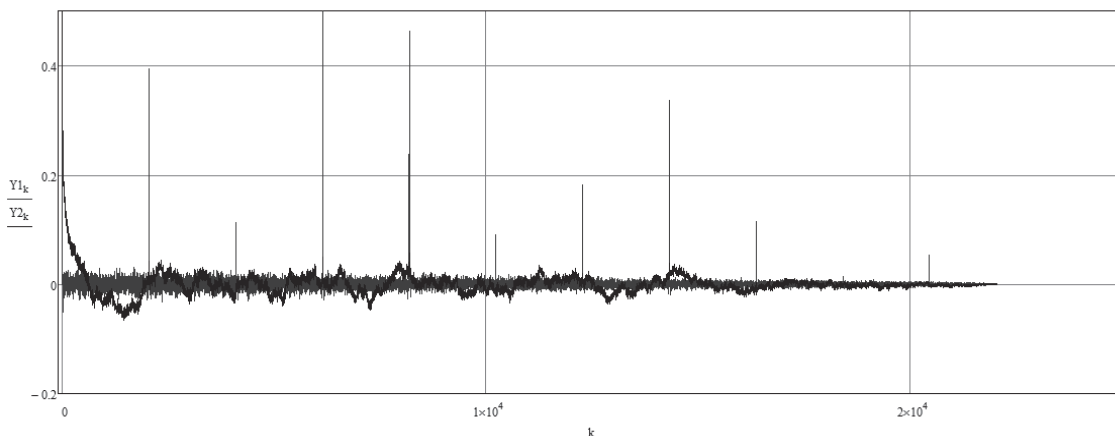


Рис. 7. Корелограми сигналів шуму (сіра лінія), запис в аеропорту. Сигнал калібрування – чорна лінія.

У таблиці 4 наведено нормовані відстані за Хемінгом для аеропорту, вулиці та офісу.

Таблиця 4

**Нормовані відстані за Хемінгом між поточними шаблонами  
для різних умов реєстрації шуму**

|              | Вулиця міста | Аеропорт | Офіс  |
|--------------|--------------|----------|-------|
| Вулиця міста | 0            | 0.462    | 0.044 |
| Аеропорт     | 0.462        | 0        | 0.458 |
| Офіс         | 0.044        | 0.458    | 0     |

Більший рівень шуму було зафіксовано не для всіх файлів запису, фактично поява такого шуму – досить рідкісна подія. Тому можна оцінити ризик хибно

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019



негативної автентифікації як частоту появи файлів із більшим рівнем шуму за умови, що вимірювання виконувалась без пауз. За результатами експерименту відносну частоту запису з більшим рівнем шуму можна оцінити як один до тридцяти. Ризик хибно негативної автентифікації наближено складає 3 %.

Порівняно з шумами, зафіксованими в аеропорту, шуми в районі телевежі мали більшу амплітуду. Корелограми такого шуму мають менший розмах магнітуд. Оцінка ризику хибно негативної автентифікації для цього випадку більша за попередню (для умови аеропорту). Вона склала 5 %. Нормована відстань за Хемінгом для цього збурюючого фактора склала  $H=0.39$ .

Електромагнітні наведення звукового діапазону у передгрозову погоду зафіксовані у вигляді внутрішнього електричного шуму більшої амплітуди порівняно з шумом калібрування. Нормована відстань за Хемінгом для даного збурюючого фактора склала  $H=0.502$ .

Характерною рисою наведених прикладів впливів зовнішніх електромагнітних полів була мала тривалість даного збурюючого фактора. Значний за амплітудою сумарний шум (внутрішній шум + зовнішні наведення) спостерігався під час реєстрації сигналу для поодиноких файлів із серії записів.

Електромагнітні наведення через ефір можуть бути досить небезпечним фактором ризику автентифікації для методу внутрішніх електричних шумів, якщо будуть створені умови для штучних наведень великої інтенсивності.

*Робота мобільних телефонів і радіотелефону, побутової техніки з електромоторами, умови електротранспорту / вулиці*

Перевірка довела успішну автентифікацію за шумом ноутбука у таких випадках: робота мобільних телефонів і радіотелефону у безпосередній близькості до ноутбука, робота побутової техніки з електромоторами, умови електротранспорту (тролейбуса, поїзда) / вулиці на відстані 1 м від землі. Відмінності для шаблонів поточного і калібрувального не перевищували 0.044 для нормованої відстані за Хемінгом.

За результатами проведення експериментів складено таблицю впливовості збурюючих факторів на проведення успішної автентифікації ноутбука, табл. 4.4.

Таблиця 5

Вплив збурюючих факторів на можливість автентифікації ноутбука

| Фактор впливу   | Нормована відстань за Хемінгом | Вектор А для шаблону піків               | Можливість усунення фактора | Ризик фактора |
|---|--------------------------------|--|-----------------------------|---------------|
| Завантаження центрального процесора внаслідок проведення розрахунків в умовах офісу         | $\leq 0.044$                   | $A=\{1 \dots 1\}$                        | Не потребує                 | 0             |
| Перегляд фільму зі звуком/ перегляд фільму без звуку на комп'ютері, на якому вимірюють шуми | $\leq 0.505 /$<br>$\leq 0.044$ | $A=\{0 \dots 0\} /$<br>$A=\{1 \dots 1\}$ | Так                         | 0             |
| Коливання температури навколишнього середовища в умовах офісу                               | $\leq 0.044$                   | $A=\{1 \dots 1\}$                        | Не потребує                 | 0             |

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

| Фактор впливу  | Нормована відстань за Хемінгом | Вектор А для шаблону піків | Можливість усунення фактора | Ризик фактора |
|--|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| Зовнішні електромагнітні поля в умовах знаходження в районі аеропортів, телевежі, під час грозової погоди  | ? 0.505                        | $A=\{0\dots0\}$            | Ні                          | 0.03÷0.05     |
| Робота мобільних телефонів і радіотелефону у безпосередній близькості до ноутбука, на якому вимірюють шуми | ? 0.044                        | $A=\{1\dots1\}$            | Не потребує                 | 0             |
| Робота побутової техніки з електромоторами   | ? 0.044                        | $A=\{1\dots1\}$            | Не потребує                 | 0             |
| Електротранспорт, вулиця   | ? 0.044                        | $A=\{1\dots1\}$            | Не потребує                 | 0             |

Таким чином, автентифікаційні ознаки за внутрішніми електричними шумами ноутбука є стабільними практично до всіх розглянутих збурюючих факторів.

## Висновки

Експериментальне дослідження впливу різноманітних зовнішніх і внутрішніх збурюючих факторів на внутрішні електричні шуми ноутбука продемонструвало високу стабільність автентифікаційних ознак. Експериментально доведено, що такі фактори, як: робота центрального процесора з середнім навантаженням (середнє навантаження за ядрами центрального процесора склало 68 %), робота відеокарти в режимі перегляду фільму (без звуку), коливання зовнішньої температури з 5 °С до 36 °С, робота побутових приладів та інше не впливають на шаблон у межах порогу автентифікації. Зовнішні фактори, що можуть суттєво вплинути на шаблон, так як інтенсивне електромагнітне випромінювання у безпосередній близькості до аеропортів, телевеж, або у передгрозову погоду мають доволі низький ризик реалізації, порядку 3–5 %, тому повторне проведення вимірювання шуму у наступні моменти часу дасть змогу пройти автентифікацію.

Наступні дослідження будуть присвячені впливу перешкод, що поширюються мережею живлення (і які свідчать про несправності мережі живлення) на шаблони автентифікації за шумом стаціонарних комп'ютерів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про встановлення Вимог до засобів електронної ідентифікації, рівнів довіри до засобів електронної ідентифікації для їх використання у сфері електронного урядування: наказ Міністерства юстиції № 86 від 27.11.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1462-18> (дата звернення: 25.09.2019).

2. Про електронні довірчі послуги: Закон України від 05.10.2017 № 45. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017. 400 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19#n218> (дата звернення: 25.09.2019).

3. Положення про кіберзахист та інформаційну безпеку в платіжних системах та системах розрахунків: постанова Правління Національного банку України, 2018. 28 с. URL: <https://old.bank.gov.ua/doccatalog/document?id=78399302> (дата звернення: 25.09.2019).

4. *Svoboda John, Schanfein Mark*. Transducer Signal Noise Analysis for Sensor Authentication. Special Session for the 53rd Annual INMM Meeting, INL/CON-12-24524 PREPRINT. 2012. 11 p.

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

5. Baldini G., Giuliani R. An assessment of the impact of wireless interferences on IoT emitter identification using Time Frequency representations and CNN. Proceedings of the Global IoT Summit (GIoTS), (Aarhus, Denmark). June 2019. DOI: 10.1109/GIOTS.2019.8766385.
6. Rybalsky O.V., Solovyov V.I., Zhuravel V.V. The System of tools of examination of audio and videotape recording are in Ukraine. Bulletin of Polotsk State University. 2018. P. 15–19.
7. Baldini G., Fovino I.N., Satta R. and others. Checchi Survey of techniques for fight against counterfeit goods and Intellectual Property Rights (IPR). URL: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC98181/lbna27688enn.pdf> (дата звернення: 25.09.2019).
8. Yang Ch., Sample A.P. EM-ID: Tag-less Identification of Electrical Devices via Electromagnetic Emissions. Proceedings of 2016 IEEE International Conference on RFID (RFID), Orlando, FL, USA. 2016. 8 p.
9. Думанський В.Ю. Гігієнічна оцінка електромагнітної ситуації та наукове обґрунтування вимог до її безпеки в сучасних населених місцях України: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. К.: 2009.
10. Nyemkova E., Shandra Z., Klos-Witkowska A. and others. Network Electronic Devices Authentication by Internal Electrical Noise. Computer Information Systems and Industrial Management Applications – Springer Publisher. 2018. P. 474–485.

## REFERENCES

1. Pro vstanovlennia Vymoh do zasobiv elektronnoi identyfikatsii, rivniv doviry do zasobiv elektronnoi identyfikatsii dlia yikh vykorystannia u sferi elektronnoho uriaduvannia. “On establishing the Requirements for electronic identification means, levels of confidence in electronic identification means for their use in the field of electronic governance”: Order of the Ministry of Justice No. 86 of 27.11.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1462-18>. (date of application: 25.09.2019) [in Ukrainian].
2. Pro elektronni dovirchi posluhy: Zakon Ukrainy vid 05.10.2017 № 45. “On electronic trust services: Law of Ukraine of 05.10.2017 No. 45”. Information of the Verkhovna Rada (IVR), 2017. 400 p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19#n218>. (date of application: 25.09.2019) [in Ukrainian].
3. Polozhennia pro kiberzakhyst ta informatsiinu bezpeku v platizhnykh systemakh ta systemakh rozrakhunkiv. “Regulations on Cyber Defence and Information Security in Payment and Settlement Systems”: Resolution of the Board of the National Bank of Ukraine. 2018. 28 p. URL: <https://old.bank.gov.ua/doccatalog/document?id=78399302>. (date of application: 25.09.2019) [in Ukrainian].
4. Svoboda John, Schanfein Mark. Transducer Signal Noise Analysis for Sensor Authentication. Special Session for the 53rd Annual INMM Meeting, INL/CON-12-24524 PREPRINT. 2012. 11 p. [in English].
5. Baldini G., Giuliani R. An assessment of the impact of wireless interferences on IoT emitter identification using Time Frequency representations and CNN. Proceedings of the Global IoT Summit (GIoTS), (Aarhus, Denmark). June 2019. DOI: 10.1109/GIOTS.2019.8766385 [in English].
6. Rybalsky O.V., Solovyov V.I., Zhuravel V.V. (2018). The System of tools of examination of audio and videotape recording are in Ukraine. Bulletin of Polotsk State University. P. 15–19 [in English].
7. Baldini G., Fovino I.N., Satta R. and others. Checchi Survey of techniques for fight against counterfeit goods and Intellectual Property Rights (IPR). URL: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC98181/lbna27688enn.pdf>. (date of application: 25.09.2019) [in English].
8. Yang Ch., Sample A.P. (2016). EM-ID: Tag-less Identification of Electrical Devices via Electromagnetic Emissions. Proceedings of 2016 IEEE International Conference on RFID (RFID), Orlando, FL, USA. 8 p. [in English].
9. Dumanskyi V.Yu. (2009). Hihienichna otsinka elektromahnitnoi sytuatsii ta naukove obhruntuvannia vymoh do yii bezpeky v suchasnykh naselenykh mistsiakh Ukrainy. “Hygienic assessment of electromagnetic situation and scientific substantiation of requirements for its safety in modern settlements of Ukraine”: abstract. diss. Dr. Medical Sciences. Kyiv [in Ukrainian].
10. Nyemkova E., Shandra Z., Klos-Witkowska A. and others. (2018). Network Electronic Devices Authentication by Internal Electrical Noise. Computer Information Systems and Industrial Management Applications – Springer Publisher. P. 474–485 [in English].

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

**Niemkova Olena,**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Associate Professor at the Department, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine,

ORCID ID 0000-0003-0690-2657

**Shandra Zinovii,**

Candidate of Technical Sciences, Senior Research Associate, Docent, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine,

ORCID ID 0000-0001-8338-1096

**STABILITY OF AUTHENTICATION SIGNS OF INTERNAL ELECTRICAL NOISE OF COMPUTERS**

The article is devoted to an experimental study of the influence of external electromagnetic fields of various natures, as well as the most probable internal causes that arise during computer operation on authentication templates of internal electrical noise.

As authentication templates of computer noise, bit and peak templates were used, which were calculated from the values of the normalized autocorrelation functions of discrete samples of internal electrical noise, as well as the corresponding thresholds were calculated. The use of such templates is possible due to the property of the autocorrelation function of stationary noise to maintain a constant shape. The presence of strong external electromagnetic fields can distort the noise measured by the ADC of the computer so that the distance between the current template and the template, measured in the absence of electromagnetic disturbances, is greater than the threshold. The instability of internal electrical noise may be due to the operation of a pulse-width converter of the power supply (DC/AC), which is possible with a variable load on the central processor.

The effects of various factors that could be causing instability of internal electrical noise were measured using a laptop with a low noise level.

It was experimentally proved that such factors as the operation of the central processor with an average load (the average load on the cores of the central processor was 68 %), the operation of the video card in the movie viewing mode (without sound), fluctuations in the external temperature from 5 °C to 36 °C, work office and household appliances, including mobile and radiotelephones, the conditions of electric transport do not affect the template within the authentication threshold. External factors that can significantly affect the pattern, such as intense electromagnetic radiation in close proximity to airports, broadcast towers, or in pre-thunderstorm weather, have a fairly low implementation risk, of the order of 3–5 %, therefore, re-conducting noise measurement at subsequent times will enable authentication.

**Keywords:** authentication template, internal electrical noise, a computer, external electromagnetic fields, risk factor.

Отримано 15.10.2019

© Niemkova Olena, Shandra Zinovii, 2019

DOI (Article): <https://doi.org/>

Issue 4(59) 2019

<http://suchasnaspetstehnika.com/>