

УДК 681.3:519.62:519.711

С.Б. Приходько

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Миколаїв

## ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНИХ СТОХАСТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАХИСТУ МОВНИХ СИГНАЛІВ

Запропоновано новий підхід для захисту мовних сигналів, який оснований на використанні нелінійних стохастичних диференціальних систем.

**Ключові слова:** захист мовного сигналу, стохастична диференціальна система.

### Вступ

В галузі захисту інформації однією з актуальних є проблема забезпечення конфіденційності мовлення. В комп'ютерних системах ця проблема вирішується шляхом її захисту за допомогою засобів криптографії. Але зараз, окрім використання добре відомих криптографічних алгоритмів, для захисту мовних сигналів спостерігається пошук нових рішень.

До відносно нових рішень при захисті мовних сигналів можна віднести застосування теорії детермінованого хаосу [1]. Але у динамічних хаотичних систем є ряд негативних властивостей: існування непередбачено коротких довжин орбіт, чутливість до невеликих змін параметрів і початкових умов, що у криптографії неприпустимо. Стохастичні диференціальні системи (СДС) – такі системи, поведінка яких описується стохастичними диференціальними рівняннями (СДР) [2] – у меншій степені чутливі до таких змін. Тому слушним є використати СДС для захисту мовних сигналів.

На сьогодні вже відомі різноманітні рішення щодо захисту мовних сигналів на основі застосування СДР [3 – 8]. Але всі запропоновані раніше рішення базуються на представленні мовного сигналу його математичною моделлю у вигляді СДР. А це веде до необхідності корегування коефіцієнтів СДР для різних відрізків мовного сигналу, і навіть у випадку СДР зі змінними коефіцієнтами (хоча і в меншому ступені). Тому виникає необхідність знаходження нового підходу захисту мовного сигналу на основі СДС, який би не потребував побудови його математичної моделі.

**Мета даної роботи** саме і полягає у тому, щоб запропонувати такий новий підхід для захисту мовних сигналів.

### Основний матеріал

Суть підходу, який пропонується, полягає у наступному. Через параметр нелінійної СДС вводимо мовний сигнал. Відповідний вихідний сигнал цієї СДС використовуємо замість мовного сигналу, що і забезпечує захист останнього.

**Теоретичне рішення.** Поведінка СДС може бути описана нелінійним СДР

$$dx = f(x, \theta, t)dt + G(x, t)dW(t). \quad (1)$$

При цьому нехай випадковий сигнал  $x(t)$  є рішенням СДР (1) на  $\Delta = [0, T]$  з початковою умовою  $x(0) = v$ . Тут  $x(t) \in R^n$ ,  $f(x, t) \in R^n$ ,  $R^n$  –  $n$ -мірний (дійсний) евклідов простір,  $G(x, t) \in R^{n \times m}$  – матрична функція розміру  $(n \times m)$ ,  $W(t) \in R^m$  –  $m$ -мірний стандартний вінерівський процес, компонентами якого є незалежні стандартні (скалярні) вінерівські процеси,  $v(t) \in R^n$  – випадковий вектор початкових умов,  $\theta$  – вектор параметрів коефіцієнта зсуву  $f(x, t)$  СДР (1).

За методом Ейлера на основі СДР (1) будемо наступні різницеви рівняння

$$x_{i+1} = x_i + \{f(x_i, \theta, t_i) + G(x_i, t_i)n(t_i)\} \Delta t, \quad (2)$$

де  $n(t_i)$  – ордината білого шуму в момент часу  $t_i$ .

Через одну з компонент вектора параметрів  $\theta$  вводимо мовний сигнал. Значення  $x_{i+1}$  використовуємо замість ординат мовного сигналу, що і забезпечує захист останнього. Поновлення мовного сигналу здійснюється шляхом обчислення відповідної компоненти вектора параметрів  $\theta$  за значеннями ординат випадкового сигналу  $x_{i+1}$  на основі рівнянь (2).

Запропонований підхід розглянемо для нелінійної СДС, поведінка якої описується СДР

$$\ddot{x} + b_1 \dot{x} + b_2 | \dot{x} | \dot{x} + c_1 x + c_3(t) x^3 = n(t), \quad (3)$$

де  $n(t)$  – білий шум;  $c_3(t)$  – параметр, через який вводиться мовний сигнал.

Позначив,  $x_1 = x(t)$  і  $x_2 = \dot{x}(t)$  перетворимо (3) в систему

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2; \\ \dot{x}_2 &= n(t) - b_1 x_2 - b_2 |x_2| x_2 - c_1 x_1 - c_3(t) x_1^3. \end{aligned} \quad (4)$$

За методом Ейлера для системи (4) отримуємо наступні рівняння:

$$\begin{aligned} x_{1i+1} &= x_{1i} + x_{2i} \Delta t; \\ x_{2i+1} &= x_{2i} + \zeta_i \sqrt{N_0 \Delta t} - \\ &- \left( b_1 x_{2i} + b_2 |x_{2i}| x_{2i} + c_1 x_{1i} + c_3 x_{1i}^3 \right) \Delta t. \end{aligned} \quad (5)$$

Тут  $N_0$  – інтенсивність білого шуму;  $\zeta_i$  –  $i$ -те значення нормально розподіленої випадкової величини з нульовим математичним сподіванням і одиничною дисперсією.

На основі (5) за ординатами мовного сигналу, який вводиться через коефіцієнт  $c_3$ , обчислюємо значення  $x_1$ , які записуємо в звуковий файл замість відповідних ординат початкового мовного сигналу.

Початковий мовний сигнал поновлюємо у зворотньому порядку. За значеннями  $x_1$  з (5) знаходимо  $c_3$  – ординати мовного сигналу

$$\begin{aligned} c_3(t_i) &= \left\{ 2x_{1i+1} - x_{1i} - x_{1i+2} + \zeta_i \sqrt{N_0 \Delta t^3} - \right. \\ &- c_1 x_{1i} \Delta t^2 - b_1 (x_{1i+1} - x_{1i}) \Delta t - \\ &\left. - b_2 |x_{1i+1} - x_{1i}| (x_{1i+1} - x_{1i}) \right\} / \left( x_{1i}^3 \Delta t^2 \right). \end{aligned} \quad (6)$$

**Практичні результати.** На основі (5) і (6) для захисту мовного сигналу в wav-файлах були створені дві програми. Перша програма змінює початковий wav-файл: ординати мовного сигналу замінюються значеннями  $x_1$ .

Після прослуховування зміненого wav-файлу чути лише шум. Звуковий сигнал у зміненому wav-файлі поновлюється за допомогою другої програми. При цьому отримуємо wav-файл з практично початковим мовним сигналом. У разі застосування розроблених програм до різних мовних сигналів спостерігалася незначна втрата їх якості, яка на слух практично не помітна.

## Висновки

Запропонований в роботі новий підхід для захисту мовних сигналів оснований на введенні мовного сигналу через параметр нелінійної СДС і заміні значень його ординат значеннями відповідного вихідного сигналу СДС. Програмна реалізація обчислення значень вихідного сигналу нелінійної СДС, поведінка якої описувалася СДР 2-го порядку,

і поновлення мовного сигналу показала працездатність запропонованого підходу. При поновленні мовних сигналів спостерігалася незначна втрата якості, яка на слух не помітна. У подальшому дослідження планується вести у напрямку удосконалення математичної моделі нелінійної СДС.

## Список літератури

1. Zheng Y. An inversion approach for chaos-based secure digital communications / Y. Zheng, G. Chen, R. Yang // *Proceedings of the 12th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2004), Vienna, Austria, September 6-10, 2004.* – Vol. 2. – P. 833-836.
2. Пугачев В.С. Стохастические дифференциальные системы / В.С. Пугачев, И.Н. Синуцын. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 560 с.
3. Приходько С.Б. Применение стохастических дифференциальных уравнений для защиты звуковой информации / С.Б. Приходько // *Тр. Одес. политехн. ун-та, 2003.* – Вып. 2 (20). – С. 163-166.
4. Приходько С.Б. Применение стохастических дифференциальных уравнений для защиты информации в звуковых файлах / С.Б. Приходько // *Зб. наук. праць УДМУ.* – Миколаїв, 2003. – № 6 (392). – С.133-140.
5. Prikhodko S. The application of Johnson transform and stochastic differential equations for protection of the information in sound files / S. Prikhodko // «*Интернет – Осейта – Наука – 2004*», четверта міжн. конф. ІОН–2004, 28 вересня – 16 жовтня, 2004 р. Збірник матеріалів конференції. Том 2. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2004. – С. 471-475.
6. Приходько С.Б. Применение преобразования компонент стохастических дифференциальных уравнений для защиты от несанкционированного прослушивания информации в звуковых файлах / С.Б. Приходько // *Зб. наук. праць НУК.* – Миколаїв, 2004. – № 5 (398). – С. 117-125. – ISBN 966-321-022-2.
7. Приходько С.Б. Захист мовної інформації на основі стохастичних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами для нормалізованих звукових сигналів / С.Б. Приходько // *Вісник Вінницького політехнічного інституту.* – 2009. – № 1 (82). – С.72-75. – ISSN 1997-9266.
8. Приходько С.Б. Використання сонограм для оцінки захисту мовної інформації на основі стохастичних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами / С.Б. Приходько, А.В. Пухалевич // *Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2009.* – Вып. 7 (79). – С. 78-81. – ISSN 1681-7710.

Надійшла до редколегії 22.03.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.С. Петров, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, Луганськ.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯЗЫКОВЫХ СИГНАЛОВ

С.Б. Приходько

*Предложен новый подход для защиты языковых сигналов, который основан на использовании нелинейных стохастических дифференциальных систем.*

**Ключевые слова:** защита языкового сигнала, стохастическая дифференциальная система.

## USE OF NONLINEAR STOCHASTIC DIFFERENTIAL SYSTEMS FOR DEFENCE OF LINGUISTIC SIGNALS

S.B. Prikhod'ko

*New approach is offered for defence of linguistic signals, which is based on the use of the nonlinear stochastic differential systems.*

**Keywords:** defence of linguistic signal, stochastic differential system.