УДК 621.391

К. С. Васюта, В. В. Сніцаренко

СКРИТА ПЕРЕДАЧА ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКОВАНОГО ОСЦИЛЯТОРА ЧУА

Анотація. *Доповідь присвячена новому методу скритої передачі інформації, який засновано на використанні модифікованої системи Чуа в якості несучої корисного сигналу. Описано алгоритм швидкого кореляційного декодування, який дозволяє проводити статистичний аналіз на великих вибірках даних (1000 біт і більше). Результати досліджень показали високу завадостійкість системи до впливу шуму в каналі передачі: при відношенні сигнал/шум до -10 дБ забезпечується практично безпомилкова передача, а поріг руйнування зв'язку спостерігається лише при SNR нижче -15 дБ. Доведено, що використання хаотичних носіїв дозволяє ефективно маскувати інформаційний сигнал під шум спостереження, забезпечуючи високий рівень скритності при SNR нижче -10 дБ.*

Ключові слова: *хаос, система Чуа, кореляційний приймач, завадостійкість, Bit Error Rate (BER), відношення сигнал/шум (SNR), скритність передачі інформації.*

Abstract. *The presentation focuses on a new method for covert information transmission based on the use of a modified Chua's system as a carrier for the useful signal. A fast correlation decoding algorithm is described, enabling statistical analysis on large data samples (1,000 bits or more). Research results demonstrate the system's high noise immunity: virtually error-free transmission is achieved at a signal-to-noise ratio (SNR) of up to -10 dB, with the communication failure threshold occurring only at SNR levels below -15 dB. It is shown that the use of chaotic carriers effectively masks the information signal as observation noise, ensuring a high level of covertness at SNR levels below -10 dB.*

Keywords: *chaos, Chua's system, correlation receiver, noise immunity, Bit Error Rate (BER), signal-to-noise ratio (SNR), covertness of information transmission.*

Вступ

Приховане передавання цифрової інформації є перспективним напрямком розвитку інформаційних технологій, методи та засоби реалізації якого постійно вдосконалюються.

В роботі [1] розглянуто питання використання схеми хаотичного маскування для прихованого передавання цифрової інформації, де хаотичне коливання генероване схемою Чуа використо вується в якості носійного сигналу. Інформаційний сигнал представляє собою хаотичне або шумове коливання, яке попередньо модульоване цифровим сигналом. Досліджено умови прихованості сигналу у каналі зв'язку та можливість відновлення інформації на приймальній стороні.

В роботі [2] досліджено ефективність роботи систем передачі інформації з хаотичними сигналами з OFDM-модуляцією з аналітичними хаотичними послідовностями.

Робота [3] присвячена розробці методу підвищення скритності сигналів з OFDM модуляцією за допомогою використання поліномів Чебишева. Проведено порівняльний аналіз Independent and Identically Distributed (IID) скритності хаотичних та гармонічних OFDM сигналів.

Метою даної роботи є дослідження нового методу скритої передачі інформації на основі модифікованого осцилятора (генератора) Чуа з складноструктурованим атрактором несучої частоти.

Результати дослідження

У роботі наведено новий метод скритої передачі інформації, який засновано на використанні модифікованої системи Чуа в якості несучої корисного сигналу [4]. Описано алгоритм швидкого кореляційного декодування, який дозволяє проводити статистичний аналіз на великих вибірках даних (1000 біт і більше).

Результати досліджень хаотичної динаміки активно використовуються в інфокомунікаційних системах для забезпечення скритності їх функціонування шляхом маскування сигналів під шумоподібні завади [5]. В той же час й активно розвиваються методи виявлення та класифікації спостережень несанкціонованими спостерігачами – стеганографічний аналіз. Такий стрімкий розвиток методів нелінійної (хаотичної) динаміки вимагає постійного пошуку й синтезу нових методів скритої передачі інформації з гарантованим захистом від несанкціонованих спостерігачів.

Результати досліджень показали високу завадостійкість системи до впливу шуму в каналі передачі: при відношенні сигнал/шум до -10 дБ забезпечується практично безпомилкова передача, а поріг руйнування зв'язку спостерігається лише при SNR нижче -15 дБ. Доведено, що використання хаотичних носіїв дозволяє ефективно маскувати інформаційний сигнал під шум спостереження, забезпечуючи високий рівень скритності при SNR нижче -10 дБ.

Висновки

Розроблено математичну модель чотиривимірної гіперхаотичної системи Чуа, адаптовану для методу маніпуляції хаотичним зсувом (CSK). Використання додаткового четвертого ступеня свободи дозволило підвищити структурну складність сигналу, що забезпечує вищий рівень захисту інформації на фізичному рівні порівняно з класичними тривимірними відображеннями.

Реалізовано оптимізований алгоритм швидкого кореляційного декодування, який дозволив провести статистичні випробування на масивах довжини коду 1000 біт. Перспективним напрямком подальших досліджень є аналіз роботи системи в багатопроменевих каналах з вибірними завмираннями та розробка методів швидкої синхронізації хаотичних генераторів у реальному часі.

Список використаних джерел:

1. D. Vovchuk. Modelling of the digital data transmission with the use of chaotic masking. *Technology Audit and Production Reserves*. 2013. Vol. 5. No. 5 (13). P. 55–57. https://doi.org/10.15587/2312-8372.2013.18416.
2. K. Vasiuta, U. Zbezhkhovska, V. Slobodyanuk. Analysis of functioning efficiency of information transmission systems with chaotic signals with OFDM-modulation within the conditions of intentional interference. *Collection "Information Technology and Security"*. 2022. No. 10. P. 216–229. https://doi.org/10.20535/2411-1031.2022.10.2.270439.
3. Васюта К., Збежховська У., Слободянюк В., Загривий В., Чистов В. Метод прихованої передачі інформації в системах з Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) модуляцією. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2021. № 2 (43). С. 132–139. https://doi.org/10.30748/nitps.2021.43.18.
4. Chua L. O. Global unfolding of Chua's circuit. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*. 1993. Vol. E76-A. No. 5. P. 704–734.
5. Костенко П. Ю., Васюта К. С., Слободянюк В. В., Чистов В. І., Альонкин М. І. Застосування індексу передбачуваності для класифікації процесів в інформаційно-комунікаційних системах. *Вісті вищих учбових закладів. Радіоелектроніка*. 2024. № 67 (5). С. 255–267. https://doi.org/10.20535/S0021347024060013.

Васюта Костянтин Станіславович **–** доктор технічних наук, професор, заступник начальника університету з наукової роботи Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: kohafish@ukr.net ORCID **https://orcid.org/0000-0002-1978-3717.**

Сніцаренко Віталій Вікторович **–** старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії розвитку полігонної та навчальної матеріально-технічної бази Повітряних Сил науково-дослідного управління розвитку і застосування Повітряних Сил наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету

Повітряних Сил імені Івана Кожедуба**,** м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: sniczarenko@ukr.net ORCID **https://orcid.org/0000-0002-7858-5534.**

Kostiantyn Stanislavovych Vasiuta – Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Head of the University for Scientific Work of the Ivan Kozhedub **Kharkiv** National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., Building 77/79, Ind. 61023, e-mail: kohafish@ukr.net ORCID **https://orcid.org/0000-0002-1978-3717.**

***Vitalii Viktorovych Snitsarenko* –** Senior Researcher of the Research Laboratory for the Development of Air Force Range and Training Facilities, Air Force Development and Employment Research Directorate of the, Air Force Research Center of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University of the Air Force Research Center of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St., Building 77/79, Ind. 61023, e-mail: sniczarenko@ukr.net ORCID **https://orcid.org/0000-0002-7858-5534.**