

УДК 004.057.4

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.031721

В. М. ЧЕРЕВИК, канд. техн. наук, доцент;

А. В. ГЛУЩУК, аспірант,

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОДИКА РАДІОПРИДУШЕННЯ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ В МЕРЕЖІ Wi-Fi ІЗ ШУМОПОДІБНИМИ СИГНАЛАМИ НА БАЗІ ПРОТОКОЛУ HTTP/3

Наведено результати аналізу наявної методики радіопридушення систем радіозв'язку в мережах Wi-Fi та зроблено висновки щодо способів збільшення її ефективності. Вибрано методику радіопридушення систем радіозв'язку з шумоподібними сигналами, яка містить реалізацію структурних завад та схему плавного регулювання їх потужності, реалізовану в протоколі HTTP/3. Це дає можливість збільшити ефективність станції завад під час радіопридушення визначених систем радіозв'язку та знизити енергетичні витрати і радіопомітність засобу радіоелектронної боротьби. Для прикладної реалізації даної методики необхідно в станції завад спрогнозувати: засіб розвідки, що покриває приймання, визначення та оцінювання параметрів шумоподібних сигналів; блок створення структурної завади; блок виконання та регулювання необхідного рівня потужності структурної завади.

Ключові слова: Wi-Fi мережа; протокол HTTP/3; шумоподібний сигнал; станція завад; система радіозв'язку; радіопридушення; структурна завада.

ВСТУП

Новітні системи радіозв'язку все частіше використовують шумоподібні сигнали для покращення заводостійкості та прихованості Wi-Fi радіомереж. Відомі приклади створення радіозавад не дають змогу засобам радіоелектронної боротьби ефективно виконувати свої функції під час радіопридушення таких систем. Це потребує розроблення нових підходів до радіопридушення програм радіозв'язку з шумоподібними сигналами.

Одним із головних завдань є придушення систем радіозв'язку (СРЗ) [1]. Проте з удосконаленням цифрових технологій у процесі передавання мови та даних, із метою покращення заводостійкості та прихованості СРЗ, все частіше використовуються шумоподібні сигнали (ШПС). Одним із способів реалізації таких сигналів є модуляція несучої частоти псевдовипадковою черговістю [2; 7–9].

Останніми роками питання продуктивного радіопридушення (РП) СРЗ із ШПС достатньо активно досліджується, проте досі залишається актуальним. З огляду на функції та засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ) системи радіозв'язку з ШПС можуть бути заглушені завдяки застосуванню захисної, вузькосмугової або імпульсної завади великої потужності [2; 10]. Але такий спосіб не покриває мінімізацію радіопомітності методів РЕБ та може призвести до порушення електромагнітної сумісності.

Окрім того, причиною придушення радіозв'язку прогнозованого противника є мінімізація необхідної потужності передавача завад [3], що реалізує зниження радіопомітності станції завад (СЗ). Отже, застосування зазначених видів завад для радіопридушення СРЗ із ШПС не доцільне з погляду енергетичних витрат та призводить до зменшення живучості засобів РЕБ. Таким чином, сьогодні існує потреба у створенні нових підходів до РП сучасних функцій радіозв'язку, зокрема тих, що використовують ШПС.

Метою статті є підвищення ефективності радіопридушення СРЗ із ШПС завдяки оновленню методики радіопридушення СРЗ за рахунок використання побудованих завад та доповнення операцією плавного редагування їх потужності, яку було реалізовано в радіомережах Wi-Fi на базі протоколу HTTP/3.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Обґрунтування доцільності виконання комплексу методів радіопридушення СРЗ у мережах Wi-Fi

Станцією завад використовується алгоритм радіопридушення СРЗ, яка містить такі основні функції: приймання та виявлення радіосигналів; аналіз параметрів радіосигналів (вид передавання, ширина спектра, середня частота тощо); пеленгування основ радіовипромінювань (ДРВ); формування, оновлення та випромінювання завади; контроль роботи радіолінії [1]. Згідно з алгоритмом виконаємо оцінювання ефективності РП СРЗ. Беручи до уваги високу продуктивність сучасних засобів СРЗ, а також можливу слабкість випромінювання (робота в режимі «приймання»), неможливо виокремити їх кількість та координати. За таких умов можна припускати, що всі ці засоби розташовано в межах зони дії радіопередавача СРЗ. Зона радіозв'язку такого засобу окреслюється з умови підсилення потужності P_c сигналу на вході приймача над його чутливістю $0 P$ [4].

© В. М. Черевик, А. В. Глушук, 2020

Розв'язання задачі оцінювання доцільності РП за умов апіорної неозначеної кількості та координат функцій СРЗ доцільно реалізувати через щільність їх розподілу та зміну площини зони радіозв'язку під час впливу завад. У разі рівномірного розподілу методів СРЗ оцінювання потужності РП визначається за величиною зменшення площини зони радіозв'язку за умов впливу завад [4]. Приклад для оцінювання ефективності E РП за зазначених умов набирає такого вигляду:

$$E = 1 - \frac{S_{зв}}{S_3}, \quad (1)$$

де $S_{зв}$ — площа зони радіозв'язку у разі впливу завад на СРЗ, $S_{зв} = \pi * r_{зв}^2$;

S_3 — площа зони радіозв'язку без впливу завад, $S_3 = \pi * r^2$.

Графічно зони радіозв'язку та радіопридушення унаочнює рис. 1,

де d — звільнення центра зони радіозв'язку під час впливу радіозавад;

r_3 — радіус зони радіозв'язку без дії завад (формулюється як максимальна дальність зв'язку СРЗ);

$r_{зз}$ — радіус зони радіозв'язку у разі появи завад, $r_{зз} = R \frac{a}{a^{2-1}}$;

R — відстань між СЗ та радіопередавачем засобу СРЗ;

a — коефіцієнт, який характеризує ступінь уразливості завади, $a = \frac{P_{пз} G_{пз}}{P_{пс} G_{пс} K_{п}}$,

де $G_{пс}$ — коефіцієнт підсилення комунікаційної антени засобу СРЗ;

$G_{пз}$ — коефіцієнт підсилення передавальної антени СЗ;

$P_{пс}, P_{пз}$ — потужність відповідно передавача засобу СРЗ та передавача СЗ;

$K_{п}$ — коефіцієнт придушення [3].

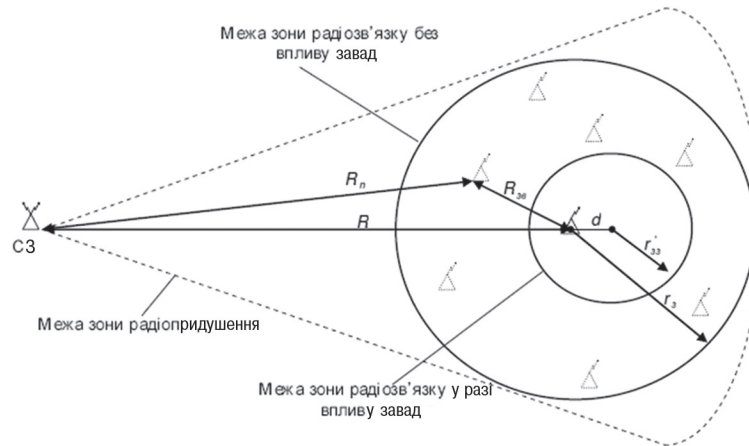


Рис. 1. Зони радіозв'язку та радіопридушення векторів передавання інформації

Графіки залежності ефективності E РП від потужності $P_{пз}$ передавача СЗ за різної дистанції R між ним та передавачем СРЗ згідно з (1) у разі потужності радіопередавача СРЗ $P_{пс} = 50$ Вт, $G_{пз} = 3$, $G_{пс} = 1$, $K_{п} = 2$ зображено на рис. 2.

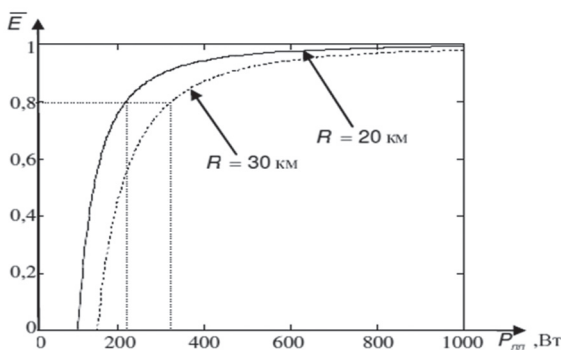


Рис. 2. Графіки залежності ефективності РП СРЗ від потужності передавача завад

Аналіз графіків (див. рис. 2) підкреслює, що існує певний рівень потужності передавача СЗ, до якого продуктивність РП дорівнює нулю, оскільки діапазон радіозв'язку не зменшується. Це унаочнює, що за даних умов ще не здобуто мінімального значення коефіцієнта придушення. При визначенні деякого значення потужності передавача СЗ її підсилення неістотно збільшує ефективність РП. Тому підсилення потужності передавача СЗ у разі досягнення певного значення недоцільно. Було вирішено вдосконалити наявну методику [1] щодо придушення СРЗ із ШПС у мережі Wi-Fi, скориставшись структурними завадами та введенням процедури плавного налаштування потужності випромінювання, яка входить до складу структури нового протоколу НТТР/3.

Для ефективного роботи цифрових систем обміну мовних повідомлень допустима ймовірність помилки $P_{м.пом}$ під час приймання двійкового символу становить 10^{-2} , для аналогових систем передавання даних $P_{д.пом} = 10^{-6}$ [6]. Тому еталоном радіопридушення відповідних цифрових СРЗ є:

$$P_{\text{пом}}^{\text{м}} \geq 10^{-2};$$

$$P_{\text{пом}}^{\text{д}} \geq 10^{-6}.$$

Як зазначено в [5], для радіопридушення СРЗ із ШПС можуть використовуватися структурні завади такого вигляду:

$$S_3(t) = \sum_{i=1}^K A_i \cdot b_i(t - \tau_i) \cdot a_i(t - \tau_i) \cdot \cos(2\pi f t + \phi_i), \quad (2)$$

де K — кількість ШПС, що формують структурну заваду;

τ_i і ϕ_i — випадкові відповідно час затримки та фаза i -го ШПС;

A_i — амплітуда i -го ШПС;

f — несуча частота ШПС;

a_i — псевдовипадкова послідовність i -го ШПС;

b_i — випадкова інформаційна послідовність i -го ШПС.

За таких умов для отримання необхідного еталона придушення достатньо досягти комунікації завада/сигнал на вході приймального пристрою СРЗ із ШПС порядку одиниць децибел [5]. З огляду на те, що в СРЗ завдяки ШПС можна передавати інформацію з достатньо низькими показниками комунікації сигнал/шум, потужність структурної завади може бути досліджено малою, що збільшує недоступність за рахунок зменшення ймовірності правильного розрахунку та ідентифікації засобу РЕБ.

Таким чином, у реалізованих у протоколі НТТР/3 методах радіопридушення СРЗ із ШПС пропонується: у процесі структурування завади використовувати структурну заваду (2); розрахувати процедуру плавної зміни потужності завади для отримання достатніх критеріїв радіопридушення. Способи розвідки, що входять до складу комплексу РЕБ, здійснюють оцінювання параметрів здобутого сигналу СРЗ із ШПС:

$$\{P_c, f, L, \tau_{\text{имп}}, \tau_6, x, y\}, \quad (3)$$

де P_c — оцінка потужності прийнятого сигналу;

f — оцінка несучої частоти сигналу;

L — оцінка коефіцієнта розширення зони сигналу;

$\tau_{\text{имп}}$ — оцінка дії імпульсу псевдовипадкової послідовності;

τ_6 — оцінка тривалості біта даних;

x, y — оцінка координат ДРВ.

Із рівняння радіозв'язку [3] розраховується потужність P_3 випромінювання радіостанції СРЗ:

$$P_3 = \frac{P_{\text{пс}} G_{\text{пр}} G_{\text{пс}} \lambda^2}{4\pi R_{3\text{зв}}^2}, \quad (4)$$

де $R_{3\text{зв}}$ — відстань між радіопередавачем та радіоприймачем СРЗ із ШПС;

$G_{\text{пр}}$ — коефіцієнт підсилення комунікаційної антени засобу СРЗ із ШПС;

Сила потужності структурної завади P_3 на вході приймача СРЗ, необхідної для досягнення встановленого критерію придушення ($P_{\text{пом}} \geq P_{\text{м.пом}}$, $P_{\text{пом}} \geq P_{\text{д.пом}}$), розраховується за виразом для визначення ймовірності помилки [2]:

$$P_{\text{пом}} = \frac{\chi \cdot \beta}{\sqrt{4\pi \frac{E_c}{N_0}}} \exp \left[\frac{E_c}{N_0} \left(\frac{1}{\chi^2} - \frac{2}{\chi} \right) \right], \quad (5)$$

$$\text{де } \chi = 1 + \frac{4K E_3}{L N_0}; \quad \beta = \left[I_0 \left(\frac{4}{\chi} \sqrt{\frac{E_c E_3}{N_0 N_0 L}} \right) \right]^K;$$

I_0 — функція Бесселя нульового порядку;

E_3 — енергія завади на вході приймача, $E_3 = P_3 \cdot \tau_6$;

E_c — енергія сигналу СРЗ на вході приймача, $E_c = P_c \cdot \tau_6$;

N_0 — спектральна густина потужності шуму передавача.

Потужність випромінювання передавача завад можна дістати з виразу [3]

$$P_{\text{пз}} = \frac{P_3 4\pi R_3^2}{G_{\text{пз}} G_{\text{пр}} \lambda^2}, \quad (6)$$

де R_3 — відстань між засобом РЕБ та засобом СРЗ із ШПС.

Процедура розрахунку потужності структурної завади P_3 за (6) має ітераційний характер.

Отже, пропонується методика радіопридушення СРЗ із ШПС, яка реалізована в протоколі НТТР/3 та містить такі операції.

1. Приймання та виявлення ШПС.
2. Оцінювання параметрів ШПС $\{P_c, f, L, \tau_{\text{імп}}, \tau_{\text{б}}\}$.
3. Розрахунок координат радіостанцій СРЗ, що працюють у режимі «передавання» $\{x, y, R\}$.
4. Формування структурної завади згідно з (2).
5. Реалізація необхідного рівня потужності завади для отримання заданого критерію придушення $P_{\text{м.пом}}$ або $P_{\text{д.пом}}$ згідно з (4)–(7).
6. Підсилення та випромінювання завади.
7. Контроль роботи радіолінії.

Для практичної реалізації даної системи потрібно в СЗ передбачити: засіб розвідки, що створює приймання, виявлення та оцінювання параметрів ШПС у мережі Wi-Fi; блок формування структурної завади; блок отримання та регулювання необхідного рівня потужності структурної завади.

Висновки

У статті запропоновано систему радіопридушення СРЗ із ШПС завдяки використанню структурних завад, яку було реалізовано в радіомережах Wi-Fi на базі протоколу НТТР/3. Застосування даної системи дасть можливість здійснювати підсилення радіопридушення СРЗ із ШПС за критерієм мінімуму сили передавача завад ($P_{\text{пз}} \rightarrow \min$) за рахунок процедури отримання необхідного рівня сили структурної завади, зменшуючи потреби до енергетичних коливань та збільшуючи прихованість засобу РЕБ.

Список використаної літератури

1. *Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью* / В. И. Борисов, В. М. Зинчук, А. Е. Лимарев и др.; под. ред. В. И. Борисова. Москва: Радио и связь, 2003. 640 с.
2. *Куприянов А. И., Сахаров А. В. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы: учеб. пособие.* Москва: Вузовская книга, 2007. 356 с.
3. *Журавський Ю. В. Оцінювання ефективності радіопридушення в умовах невизначеності кількості та координат радіоприймачів: зб. наук. праць Житомир. військ. ін-ту ім. С. П. Корольова Нац. авіаційного ун-ту. Житомир, 2008. Вип. 1. С. 196–200.*
4. *Борисов П. С., Кубрак А. Н. Метод формирования структурных помех для подавления систем радиосвязи с шумоподобными сигналами // Известия Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины; Естественные науки. Гомель, 2014. Вип. 6 (87). С. 182–186.*
5. *Окунев Ю. Б. Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами.* Москва: Радио и связь, 1991. 296 с.
6. *Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами.* Москва: Радио и связь, 1985. 384 с.
7. *Прокис Дж. Цифровая связь: пер. с англ. Дж. Прокис; под ред. Д. Д. Кловского.* Москва: Радио и связь, 2000. 800 с.
8. *Torrieri D. J. Principles of spread-spectrum communication systems.* Springer Science, 2005. 444 p.
9. *Poisel R. A. Modern communications jamming principles and techniques.* MA: Artech House, 2011. 870 p.
10. *Столлингс В. Основы защиты сетей на базе протокола НТТР/3: приложения и стандарты.* Москва: Издательский дом «Вильямс», 2015. 429 с.

В. М. Черевик, А. В. Глуцук

МЕТОДИКА РАДИОПОДАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ В СЕТИ Wi-Fi С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ НА БАЗЕ ПРОТОКОЛА НТТР/3

Приведены результаты анализа существующей методики радиоподавления систем радиосвязи в сетях Wi-Fi и сделаны выводы относительно способов увеличения ее эффективности. Избрана методика радиоподавления систем радиосвязи с шумоподобными сигналами, которая содержит реализацию структурных препятствий и схему плавного регулирования их мощности, реализованную в протоколе НТТР/3. Это позволяет увеличить эффективность станции помех при радиоподавлении определенных систем радиосвязи и снизить энергетические затраты и радиозаметность средства радиоэлектронной борьбы. Для прикладной реализации данной методики необходимо в станции помех спрогнозировать: средство разведки, покрывающей прием, определение и оценку параметров шумоподобных сигналов; блок создания структурной помехи; блок исполнения и регулирования необходимого уровня мощности структурной помехи.

Ключевые слова: Wi-Fi сеть; протокол HTTP/3; шумоподобные сигналы; станция помех; система радиосвязи; радиоподавление; структурная помеха.

V. M. Cherevik, A. V. Glushchuk

TECHNIQUE OF RADIO SUPPRESSION OF A RADIO COMMUNICATION SYSTEM IN A WI-FI NETWORK FROM NOISE-LIKE SIGNALS BASED ON THE HTTP/3 PROTOCOL

The article presents the results of the analysis of the existing method of radio suppression of radio communication systems in Wi-Fi networks, and conclusions are drawn regarding ways to increase its effectiveness. The method of radio suppression of radio communication systems with noise-like signals was chosen. It contains the implementation of structural obstacles and a scheme for smooth control of their power implemented in the HTTP/3 protocol. This makes it possible to increase the effectiveness of a jamming station with radio suppression of certain radio communication systems and reduce radioelectronic control equipment requirements. For the applied implementation of this technique in a jamming station, it is necessary to predict a reconnaissance tool covering the reception, determination and estimation of the parameters of noise-like signals; structural interference block; unit execution and regulation of the required power level of structural interference. One of the main tasks is to suppress radio communication systems (SRS). However, with the advance of digital technologies in speech and data transmission, noise-signaling (SHP) signals are increasingly being used to improve the noise immunity and latency of SRHs. One way to implement such signals is to modulate the carrier frequency by a pseudo-random sequence.

The issue with productive radio suppression (RP) of SRWs with SHPS has been developing quite actively in recent years, and still remains relevant. Based on the features and means of electronic warfare (EWB), the SPS radio communications systems may be muted by the application of high-power shielding, narrowband or pulse interference. But this method does not cover minimization of radiolabeling of EW methods and can lead to electromagnetic compatibility violations.

Keywords: Wi-Fi network; HTTP/3 protocol; noise-like signals; interference station; radio communication system; radio suppression; structural disturbance.



Шановні колеги!

Передплата на науковий журнал
завжди триває!

її ви можете оформити за «Каталогом видань України» та «Каталогом видань зарубіжних країн»:

- ❖ у відділеннях поштового зв'язку
- ❖ в операційних залах поштамтів
- ❖ у пунктах приймання передплати
- ❖ на сайті ДП «Преса» www.presa.ua
- ❖ на сайті УДППЗ «Укрпошта» www.ukrposhta.ua

ПЕРЕДПЛАТНИЙ ІНДЕКС
74224



Підтримуйте фахове галузеве видання — завжди надійне джерело достовірної інформації!