

УДК 004.73(045)

Швец І. П. Державний університет телекомунікацій, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЗАВДАННІ КОМПЕНСАЦІЇ ЗАВАД У БЕЗПРОВОДОВІЙ ЛОКАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

Для розв'язання завдання захисту безпроводової мережі від завад методами компенсації запропоновано використовувати метод функціональної обробки сигналів. Для амплітудного кутомірного датчика з двома незалежними каналами прийому запропонований показник і дано його аналітичний вираз, що дозволяє визначити наявність і величину кутового рознесення двох джерел. Проведено розрахунок показника для різних співвідношень амплітуд сигналів і конкретної апроксимації діаграм спрямованості антени датчика. Значення кутового рознесення дозволяє при відомих координатах джерела корисного сигналу визначити напрямок на джерело завади, що є вихідним для формування нульової зони прийому по заваді. Пропонований показник є частиною алгоритму захисту безпроводової мережі від завад в умовах електромагнітної обстановки.

Ключові слова: функціональна обробка сигналів, кутомірний датчик, джерельна база випромінювання, діаграма спрямованості антени, крутизна робочої ділянки антени.

Shwets I. P. State University of Telecommunications, Kyiv

DETERMINATION OF NUMBER OF RADIANTS AT COMPENSATION OF HINDRANCES IN WIRELESS LOCAL NETWORK

To solve the task of protecting the wireless network from interference with the methods of compensation, it is proposed to use the method of functional signal processing. For an amplitude gauge sensor with two independent receiving channels, the proposed index is proposed and its analytical expression is given, which allows determining the presence and magnitude of the angular diversity of the two sources. The calculation of the index for various ratios of signal amplitudes and the concrete approximation of the antenna direction diagrams of the sensor is carried out. The value of the angular diversity allows, at known coordinates of the source of the useful signal, to determine the direction of the source of the obstacle, which is the output for the formation of the zero reception area by interference. The proposed index is part of the algorithm for protecting the wireless network against interference in an electromagnetic environment that changes randomly.

Keywords: functional signal processing, gauge sensor, source radiation base, antenna pattern, steepness of the antenna working area.

Швец И. П. Государственный университет телекоммуникаций, Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ В БЕСПРОВОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

Для решения задачи защиты беспроводной сети от помех методами компенсации предложено использовать метод функциональной обработки сигналов. Для амплитудного угломерного датчика с двумя независимыми каналами приема предложен показатель и дано аналитическое выражение, что позволяет определить наличие и величину углового разнеса двух источников. Проведен расчет показателя для разных соотношений амплитуд сигналов и конкретной аппроксимации диаграмм направленности антенны датчика. Значение углового разнеса позволяет при известных координатах источника полезного сигнала определить направление на источник помехи, что является исходным для формирования нулевой зоны приема по помехе. Предлагаемый показатель является частью алгоритма защиты беспроводной сети от помех в условиях электромагнитной обстановки, которая изменяется случайным образом.

Ключевые слова: функциональная обработка сигналов, угломерный датчик, источниковая база излучения, диаграмма направленности антенны, крутизна рабочего участка антенны.

© Швец І. П., 2017

I. Вступ

Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) широко використовуються у самих різних областях людської діяльності [1, 2]. На сьогоднішній день чіп Wi-Fi є в будь-якому портативному пристрої (ноутбучі, планшеті, смартфоні), що дозволяє надавати доступ в мережу будь-якому користувачеві без додаткових витрат на безпроводові адаптери. Є також багато інших переваг безпроводових сенсорних мереж стандартів IEEE802.11 (WLAN) та IEEE802.16 (WiMAX), у першу чергу – відсутність потреби у великій кількості проводів, що вельми зручно для розгортання та експлуатації безпроводових мереж.

З іншого боку, саме безпроводовий характер зв'язку в БСМ є неабиякою уразливістю мережі до загороджувальних завад. Стандартне обладнання безпроводової мережі Wi-Fi не здатне розпізнати завади, створювані пристроями, що не відносяться до стандартів IEEE 802.11. Завдання контролю радіоефіру лягає на точки доступу з додатковою функцією аналізу спектра, або спеціалізовані радіосенсори, що доповнюють інфраструктуру безпроводової мережі Wi-Fi. У деяких випадках цю роль беруть на себе точки доступу, перемикаючи в режим аналізу і не обслуговують клієнтів. Після виявлення завади система перебудовує план каналів точок доступу так, щоб суміжні із завадами канали привласнювалися до точок доступу, максимально віддаленим від їх джерел. Крім того, система дозволяє фіксувати спроби "глушіння" мережі, і блокувати зловмисні спроби підбору пароля доступу.

У всіх випадках ведеться протоколювання подій і створення звітів із зазначенням локалізації безпроводових загроз на плані приміщення, і рекомендацій щодо їх усунення [3].

Слід відмітити, що всі згадані заходи є, по суті, пасивними. Загороджувальні завади можуть повністю вивести БСМ з ладу, якщо не прийняти спеціальних заходів з придушення таких завад.

Як правило, джерела завад рознесені у просторі з джерелами корисного сигналу. Тоді захист від заважаючих сигналів може здійснюватися методами компенсації [4-6]. Методи належать до універсальних засобів захисту і забезпечують стійкість засобу практично по відношенню до будь-якого виду завади.

Початковою умовою реалізації цих способів захисту в умовах невизначеності електромагнітної обстановки (ЕМО) (випадкового місцезнаходження джерел завад і параметрів їх сигналів) є визначення числа рознесених по куту джерел випромінювання, що утворюють сукупний сигнал на вході РЕМ, і кутових координат джерела завад.

II. Постановка завдання

У роботі розглядається БСМ стандарту IEEE802.11 з багатоканальними антенами типу МІМО (Multiple Input – Multiple Output). Не вдаючись у питання теорії таких антен (вичерпне викладення цих питань дано наприклад, в [7]), розглянемо початкові умови визначення джерел електромагнітних завад. Потенційні можливості визначення числа рознесених по куту джерел випромінювання визначається використовуваними методами функціональної обробки сигналів [8, 9].

У багатоканальному вимірювачі, розглянутому в роботі [8], процес визначення кількості джерел зводиться до знаходження та аналізу коефіцієнтів рівнянь n -го ступеня при різних гіпотезах про кількість джерел (1, 2, ..., $n + 1$).

Для амплітудного кутового датчика число рознесених джерел некогерентних сигналів n_H і число незалежних точок прийому (приймальних антен) m_a пов'язані співвідношенням

$$n_H \leq (C_{ma}^2 + m_a) / 3,$$

де C_{ma}^2 – число сполучень з m_a по 2.

Амплітудний кутомірний датчик з двома каналами прийому (моноімпульсний амплітудний пеленгатор) визначає координати одного джерела і дозволяє виявити число джерел дорівнює двом.

Визначення числа джерел (один або два) здійснюється за значенням показника

$$q = \frac{R_c \left(\overline{\dot{U}_1 \dot{U}_2^*} \right)}{\dot{U}_1 \dot{U}_2^*},$$

де \dot{U}_1 та \dot{U}_2^* – комплексні амплітуди сигналів на виходах першого та другого каналів.

Значення показника q при наявності двох джерел D_1 і D_2 (між джерелами відсутній детермінований зв'язок, і їх сигнали мають випадкові значення фаз) відповідно до рис. 1 має вигляд:

$$q = \frac{E_1^2 F_1(\theta_1) F_2(\theta_1) + E_2^2 F_1(\theta_2) F_2(\theta_2)}{E_1^2 F_1^2(\theta_1) + E_1^2 F_1^2(\theta_2)} \quad (1)$$

де E_1 та E_2 – амплітуди сигналів від джерел на вході антени сенсора;

$F_1(\theta)$ й $F_2(\theta)$ – діаграми спрямованості (ДС) приймальних антен;

θ_0 – кутове зміщення максимумів ДС відносно рівносигнального напрямку (РСН);

θ_1 й θ_2 – кути між джерелами та РСН.

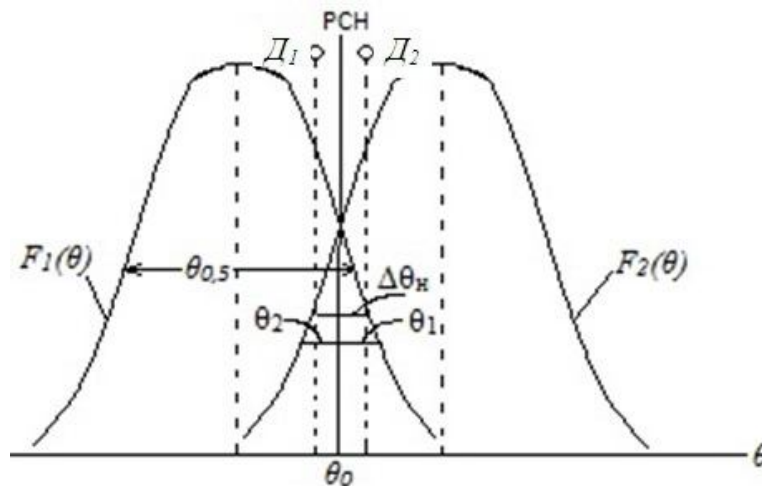


Рис.1. Діаграми спрямованості антен кутомірного датчика

У представленій роботі ставиться завдання визначення числа джерел випромінювання та локалізації шкідливих сигналів.

III. Визначення числа датчиків випромінювання

Для отримання виразів у замкненому вигляді лінеаризуємо функції $F_1(\theta)$, $F_2(\theta)$ в околиці точки θ_0 . Відповідні значення ДН можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} F_1(\theta_1) &= F_1(\theta_0 - \theta_1) = F(\theta_0)(1 + \mu_1 \theta_1); \\ F_1(\theta_2) &= F_1(\theta_0 + \theta_2) = F(\theta_0)(1 - \mu_1 \theta_2); \\ F_2(\theta_1) &= F_2(\theta_0 + \theta_1) = F(\theta_0)(1 - \mu_2 \theta_1); \\ F_2(\theta_2) &= F_2(\theta_0 - \theta_2) = F(\theta_0)(1 + \mu_2 \theta_2), \end{aligned} \quad (2)$$

де $\mu_i = \frac{1}{F(\theta_0)} \cdot \frac{\partial F_i(\theta)}{\partial \theta}$, $i = \overline{1, 2}$, $\theta = \theta_0$ – крутизна робочої ділянки ДС антени в точці θ_0 .

З урахуванням (2) значення показника q при $F_1(\theta) = F_2(\theta) = F(\theta)$ та, відповідно, $\mu_1 = \mu_2 = \mu$, і значення показника q запишеться у вигляді

$$q = \frac{E_1^2(1 - \mu^2\theta_1^2) + E_2^2(1 - \mu^2\theta_2^2)}{E_1^2(1 + \mu\theta_1)^2 + E_2^2(1 - \mu\theta_2)^2}. \quad (3)$$

Визначимо значення q для різних співвідношень амплітуд (потужностей) сигналів від джерел. Для некогерентних джерел при відстеженні енергетичного центру випромінювання кут між РСН і геометричним центром джерел дорівнює

$$\theta_n = \frac{\Delta\theta_n}{2} \frac{1 - \beta^2}{1 + \beta^2}, \quad (4) \quad \text{де} \quad \beta^2 = \frac{E_1^2}{E_2^2}; \quad (5)$$

$\Delta\theta_n$ – кутова база джерел.

Кутові координати джерел відповідно до (4) визначаються при $\beta^2 > 1$ виразом:

$$\theta_1 = \frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2}; \quad (6a) \quad \theta_1 = \frac{\Delta\theta_n \beta^2}{1 + \beta^2}. \quad (6b)$$

Підставляючи (5) і (6) в (3), маємо вираз для q :

$$q = \frac{\beta^2 \left[1 - \mu^2 \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right] + \left[1 - \mu^2 \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right]}{\beta^2 \left[1 - \mu \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right] + \left[1 - \mu \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right]} = \frac{(\beta^2 + 1) \left[1 - \mu^2 \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right]}{(\beta^2 + 1) \left[1 - \mu \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right]} = \frac{\left[1 - \mu^2 \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right]}{\left[1 - \mu \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right]} = \left[1 + \mu \left(\frac{\Delta\theta_n}{1 + \beta^2} \right)^2 \right]. \quad (7)$$

Розглянемо різні умови визначення показника q .

1. Джерело сигналів знаходиться в одному кутовому створі ($\Delta\theta_n = 0$):

$$q = \frac{\beta^2 + 1}{\beta^2 + 1} = 1.$$

2. Потужності сигналів від джерел на вході МІМО-антени мають однакові значення ($\beta^2 = 1$; $\theta_1 = \theta_2 = \Delta\theta_n/2$):

$$q = \frac{1 - \mu^2 \left(\frac{\Delta\theta_n}{2} \right)^2}{1 + \mu^2 \left(\frac{\Delta\theta_n}{2} \right)^2}. \quad (8)$$

3. Значення q при $\beta^2 \neq 1$ визначаються виразом (7).

Визначимо чисельні значення показника q для варіантів (7) і (8).

Для визначення крутизни μ робочої ділянки ДС антени в точці θ_0 апроксимуємо ДС антени залежністю [10]

$$F(\theta) = \exp \left[-2,8 \left(\frac{\theta}{\theta_{0,5}} \right)^2 \right], \quad \text{де } \theta_{0,5} \text{ – ширина діаграми спрямованості по рівню 0,5.}$$

Тоді

$$\mu = \frac{1}{F(\theta_0)} \frac{\partial F(\theta)}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\theta_0} = \frac{1 - \exp \left[-2,8 \left(\frac{\theta}{\theta_{0,5}} \right)^2 \right]}{\exp \left[-2,8 \left(\frac{\theta}{\theta_{0,5}} \right)^2 \right]} \left(-\frac{2,8 \cdot 2}{\theta_{0,5}^2} \cdot \theta_0 \right).$$

Для різних апроксимацій характеристик спрямованості маємо наступне наближене співвідношення [10]

$$\theta_0 = 0,43\theta_{0,5}. \quad (9)$$

З урахуванням (9) $\mu = 2,4/\theta_{0,5}$.

Для розрахунку значень q приймемо кутову базу джерел рівній 0,3; 0,5; 0,7 від $\theta_{0,5}$ (при $\Delta\theta_H = (0,8 \dots 0,9)\theta_{0,5}$ відбувається розрізнення джерел по куту [5]).

У табл. 1 наведені дані розрахунку відповідно до формул (7) і (8) для $\beta^2 = 1$ і $\beta^2 = 2$.

Табл. 1

$\beta^2 \backslash \theta_H/\theta_{0,5}$	0	0,3	0,5	0,7
1	1	0,77	0,47	0,173
2	1	0,818	0,54	0,248

IV. Висновки

1. Показник q при наявності двох незалежних каналів прийому сигналів може бути використаний для визначення просторового розташування джерел (суміщені або рознесені джерела по куту).

2. Залежність показника q від кутового рознесення джерел дозволяє визначити кутові координати джерела сигналу, що заважає, за умови, що відомі кутові координати джерела корисного сигналу і співвідношення потужностей сигналів.

3. Наведені дані можуть бути скориговані завдяки урахуванню кутового шуму, що виникає через флуктуації амплітуд і фаз сигналів при їх поширенні; при використанні антен з різними ДН необхідно при розрахунках врахувати $\mu_1 \neq \mu_2$.

Розглянутий підхід до визначення числа джерел і кутових координат джерела завад з подальшим формуванням нульової зони прийому в напрямку на це джерело є одним з ефективних методів захисту РЕЗ в заводській обстановці, яка динамічно змінюється випадковим чином.

Список використаної літератури

1. Hai Liu. Ad hoc and sensor wireless networks: architectures, algorithms and protocols / Eds: Hai Liu, Xiaowen Chu and Yiu-Wing Leung. – Bentham Science Publishersence Publishers. Sharjah, United Arab Emirates, 2017. – 140 pp.
2. Benslama M. Ad hoc networks telecommunications and game theory / Malek Benslama, Mohamed Lamine Boucenna and Hadj Batatia. – ISTE Ltd John Wiley & Sons, Inc. 27-37 St George's Road, London SW19 4EU UK, 2015. – 141 pp.

3. Беспроводная сеть WiFi для офиса. Безопасность беспроводных сетей. // – <https://www.lankey.ru/svyaz/network-solutions/wifi/>
4. Лазуткин Б. А. Радиотехнічні пристрої з компенсацією завад / Б. А. Лазуткин. – Київ, «Техніка», 1972. – 116 с.
5. Защита от радиопомех / Под ред. Максимова М. В. – Москва: Советское радио, 1976. – 496 с.
6. Вакин С. А. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки / С. А. Вакин, Л. Н. Шустов. – Москва: Советское радио, 1968. – 448 с.
7. Бакулин М. Г. Технология МІМО: принципы и алгоритмы / М. Г. Бакулин, Л. А. Варукина, В. Б. Крейнделін. Москва: Горячая линия – Телеком, 2014. – 242 с.
8. Царьков Н. М. Многоканальные радиолокационные измерители / Н. М. Царьков. – Москва: Советское радио, 1980. – 192 с.
9. Варюхин В. А. Основы теории многоканального анализа / В. А. Варюхин. – Киев: ВА ПВО СВ, 1993. – 171с.
10. Сигалов Г. Г. Вопросы расчета радиолокационных следящих систем / Г. Г. Сигалов, Е. А. Яшучин, Л. Н. Марков; . – под ред. Г. Г. Сигалова. – Минск, 1969. – 240 с.

References

1. Hai Liu, Xiaowen Chu, Yiu-Wing Leung. "Ad hoc and sensor wireless networks: architectures, algorithms and protocols". *Bentham Science Publishersence Publishers. Sharjah, United Arab Emirates* (2017):140.
2. Malek Benslama, Mohamed Lamine Boucenna, Hadj Batatia. "Ad hoc networks telecommunications and game theory". *ISTE Ltd John Wiley & Sons, Inc. 27-37 St George's Road, London SW19 4EU UK* (2015): 141.
3. "Wireless WiFi network for an office. Safety of wireless networks." <https://www.lankey.ru/svyaz/network-solutions/wifi/>
4. Lazutkin B. A. "Radio engineerings devices with a hindrances compensation". *Kyiv: Tekhnika* (1972): 116.
5. Maksymov M. V., ed. "Radio interferences protecting". *Moskva: Sovetskoe radio* (1976): 496.
6. Vakiv S. A., Shustov L. N. "Bases of radiocounteraction and radiotechnical secret service". *Moskva: Sovetskoe radio* (1968) 448.
7. Bakulin M. G., Varukina L. A., Kreindelin V. B. "MIMO technology: principles and algorithms". *Moskva: Goryachaya liniya – Telecom* (2014): 242.
8. Czar'kov N. M. "Multichannel radio-location measuring devices". *Moskva: Sovetskoe radio* (1980): 192.
9. Variukhin V. A. "Bases theory of multichannel analysis." *Kyiv: VA PVO SV* (1993): 171.
10. Sigalov G. G., Yashuchin Ye. A., Markov L. N. "Questions of calculation of the radio-location tracker systems". *Minsk* (1969): 240.

Автор статті

Швец Іван Павлович – магістрант, кафедра інформаційної та кібернетичної безпеки, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (95) 338 73 99. E-mail: p.shvetz@gmail.com

Author of the article

Shvets Ivan Pavlovych – student, informative and cybernetic security department, StateUniversity of Telecommunications, Kiev. Tel.: +380 (95) 338 73 99. E-mail: p.shvetz@gmail.com.

Дата надходження
в редакцію: 3.07.2017 р.

Рецензент:
доктор технічних наук, професор М. М. Степанов
Державний університет телекомунікацій, м. Київ,