

УДК 621.391

А.В. Шишацький¹, К.М. Гриценко², В.К. Чумак², А.А. Завада³¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ³Житомирський військовий інститут імені С.П.Корольова, Житомир

МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ БАГАТОАНТЕННИХ СИСТЕМ З ШУМОПОДІБНИМИ СИГНАЛАМИ

У статті запропоновано методику управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами. Зазначена методика заснована на адаптивному управлінні параметрами багатоантенних систем, що використовують шумоподібні сигнали при динамічній зміні сигнально-завадової обстановки.

Ключові слова: сигнально-кодова конструкція, швидкість передачі інформації, ймовірність бітрової помилки, радіоелектронне подавлення, шумоподібні сигнали.

Вступ

Сучасні військові системи радіозв'язку (ВСРЗ) функціонують в складній радіоелектронній обстановці, що характеризується наявністю в каналі зв'язку навмисних завад та завмирань сигналу.

Однією з технологій, що дозволяють ефективно боротися з навмисними завадами та завмираннями сигналу, а також значно збільшити пропускну здатність радіоканалів є технологія „багато входів – багато виходів” (МІМО – Multiple-Input Multiple-Output) [1, 2].

У технології МІМО об'єднані просторово-часові методи прийому з використанням адаптивних антен і методи просторово-часового кодування і просторово-часового розділення сигналів.

Іншим напрямком підвищення ефективності ВСРЗ є надширокосмугові сигнали (UWB - Ultra wide band). Надширокосмугові сигнали (НШСС) мають високу завадозахищеність, можливість адаптивного управління параметрами, низький, шумоподібний рівень сигналу, ефективне використання радіочастотного ресурсу.

Проте НШСС мають невелику дальність зв'язку та недостатню швидкість передачі інформації. Класичні НШСС не мають механізмів формування діаграми направленості на кореспондента [3].

Стратегічним напрямом при вирішенні задачі підвищення ефективності ВСРЗ є створення гібридних інформаційних технологій, що об'єднують переваги традиційних технологій без їх недоліків [4, 5].

Тому *метою статті* є розробка методики управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами.

Результати досліджень

Методика управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами складається з наступних етапів.

1. Введення вихідних даних. Вводяться параметри передавального пристрою і каналу зв'язку $\Psi = \{\psi_i\}$, а також значення допустимої величини ймовірності помилкового приймання сигналів $P_{б доп}$ та мінімально необхідної швидкості передачі інформації $v_{i доп}$.

2. Оцінка стану каналу зв'язку

За допомогою відомих методів оцінки стану каналу зв'язку [6] та розробленого в [7] методики оцінки проводиться оцінювання стану каналу зв'язку.

3. Вибір робочих частот з урахуванням стратегії засобів радіоелектронного подавлення

На підставі розробленого в роботах [8, 9] науково-методичного апарату вибору робочих частот для засобів військового радіозв'язку проводиться аналіз радіочастотного ресурсу під час якого здійснюється визначення подавлених частотних діапазонів та стратегії комплексів радіоелектронного подавлення.

4. Прогнозування стану каналу зв'язку

Розглянемо принцип прогнозування стану каналів зв'язку, що реалізований за допомогою розробленої в [10] методики.

В лінійному тракці прийомопередавача засобу радіозв'язку (ЗРЗ) виділяється смуга субчастот $f_{c1}, f_{c2}, \dots, f_{cN}$, що розміщені біля однієї фіксованої частоти f_{ϕ} . По всій смузі частот здійснюється підтримання сталого рівня сигналу за допомогою цифрової системи автоматичного регулювання потужності передавача. Цифровий синтезатор частот формує сітку сигналів, що надходить на демодулятор.

Таким чином, при відсутності корисного сигналу на виході демодулятора формуються відліки $Z_{i1}, Z_{i2}, \dots, Z_{iN}$, в кожний момент $t_i, i = 1, 2, \dots$ дискретного часу.

Основна задача статистичного аналізу випадкових полів спостереження $Z_{ij}, i = 1, 2, \dots, j = 1, 2, \dots, N$, є побудова полів спостереження $\hat{x}_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$ квантилів полів та вибір номерів $j_{01}, j_{02}, \dots, j_{0m}$, субчастот, в яких квантилі завод, та ймовірності бітових помилок будуть мінімальні. Отримані номери субчастот надходять на блок управління.

Оцінювання полів квантилів завод пропонується здійснювати в два етапи.

На першому етапі здійснюється фільтрація полів квантилів в кожному субканалі незалежно один від одного.

Для цього відліки завод в блоках цифрової фільтрації на кожній j -й субчастоті $Z_{ij}, i = 1, 2$, порівнюються зі змінюючим пороговим рівнем $\hat{x}_{ij}, i = 1, 2$.

Якщо черговий i -й відлік Z_{ij} перевищує пороговий рівень \hat{x}_{ij} , то значення \hat{x}_{ij} збільшується на величину Δ . Це відбувається з ймовірністю

$$P = \int_x^\infty w(z_{ji}) dz_{ji},$$

де $w(z_{ji})$ – щільність розподілу ймовірностей відліків на виході демодулятора j -го частотного каналу в момент часу t_i , p - заданий рівень дійсного значення квантилі x_{ij} .

Регулярно, через $1/p$ часових інтервалів, значення оцінки \hat{x}_{ij} знижується на величину Δ . Таким чином, кожний цифровий фільтр може бути представлений у вигляді автоматичної системи підстроювання рівня квантилі з цифровим інтегратором. Порівняння рівня Z_{ij} з рівнем \hat{x}_{ij} виконується пороговим елементом.

Зазначену систему оцінювання квантилі на одному підканалі можна розглядати як варіант реалізації псевдоградієнтного адаптивного алгоритму прогнозування стану каналів управління та передачі даних БпАК.

5. Визначення кількості антен у системі MIMO

На зазначеному етапі обирається, в залежності від стану каналу зв'язку, кількість передавальних та приймальних антен для ЗРЗ ($N_{\text{пд}} \times N_{\text{пм}}$), з урахуванням необхідного відношення сигнал/шум та необхідної швидкості передачі.

Таким чином, якщо задати допустиму швидкість передачі MIMO – системи, усередненої по флукутаціям сигналів v_Σ , тоді порогове значення

$\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}$ для відбору необхідної кількості найбільш потужних власних каналів можна знайти з рівняння:

$$P\left(\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}, Q_0^2\right) = 1 - \frac{v_\Sigma}{v_{\text{max}}}.$$

Отже $\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}$ залежить від середнього відношення сигнал/шум Q_0^2 , від заданої швидкості передачі даних

$$v_\Sigma = \left(\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)} = \lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}(Q_0^2, v_\Sigma) \right)$$

і збільшується зі зростанням відношення сигнал/шум Q_0^2 .

6. Вибір параметрів НШСС

На зазначеному етапі відбувається створення формулюючого поліному, який в залежності від сигнально-заводової обстановки формує оптимальні параметри НШСС [3, 5].

7. Формування діаграми спрямованості.

Ідентифікація всіх напрямків надходження сигналу в середовищі з щільним багатопробним поширенням є складним науковим завданням.

Формування діаграми спрямованості (ДС) багатоантенних систем з надширококутовими сигналами відбувається шляхом проведення кластеризації джерел випромінювання, що описується таким виразом:

$$ДС(t_0, \Delta t, \theta) := \left(\int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} |y(t, \theta)|^2 dt \right)^{\frac{1}{2}},$$

де $y(t)$ - сигнал на виході формувача ДС, Δt - інтервал спостереження, t_0 - залежність від часу, кластер θ , відносно якого відбувається нормування діаграми спрямованості.

Висновки

1. В роботі запропоновано методика управління параметрами багатоантенних систем з шумоподібними сигналами.

Новизна розробленої методики полягає у виборі робочих частот з урахуванням стратегії комплексів радіоелектронного подавлення та прогнозуванні стану каналів зв'язку, а також адаптації параметрів гібридної MIMO-UWB-системи для підвищення ефективності функціонування військових систем радіозв'язку.

Напрямок подальших досліджень є розробка методики формування діаграми спрямованості гібридної MIMO-UWB-системи.

Список літератури

1. Слюсар В. Системи МІМО: принципи побудови та обробка сигналів / В. Слюсар // *Електроніка: Наука, Технологія, Бізнес.* – 2005. – № 8. – С. 52-58.
- 2.. Кувшинов О. В. Аналіз характеристик систем радіодоступу з технологією МІМО / О. В. Кувшинов, Д. А. Міночкін // *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка.* – Вип. № 3 – К.: ВІКНУ, 2006. – С. 51 – 56.
3. I. Guvenc and H. Arslan, "On the modulation options for UWB systems", in *Proc. IEEE Military Commun. Conf. (MILCOM)*, vol. 2, Boston, MA, October 2003, pp. 892-897.
4. Шишацький А.В. Концепція розвитку засобів радіозв'язку збройних сил провідних країн світу / Шишацький А.В., Жук О.Г. // *Збірник тез доповідей дванадцяті наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба "Новітні технології - для захисту повітряного простору"* :тези доповідей, 13-14 квітня 2016 року. -Х.:ХУПС ім. І. Кожедуба, 2016. – С.213.
5. Кувшинов О.В. Методологія оперативного управління радіоресурсом військових систем радіозв'язку/ О.В.Кувшинов // *V-та науково-технічна конференція „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення” 20-21 жовтня 2010 року, доповіді та тези доповідей, К., ВІПІ НТУУ „КПІ”.* - 2010.-С. 23-28.
6. Шишацький А. В. Аналіз існуючих методів оцінки стану каналу зв'язку / Шишацький А.В., Лютов В.В.// *VI Науково-технічна конференція “Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки”.*- Київ 2015.- С398.
7. Шишацький А.В. Удосконалена методика оцінювання параметрів сигналів з цифровими видами модуляції/ Шишацький А.В., Лютов В.В. ,Жук О.Г., Животовський Р.М./*Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України.* — 2016. — № 4(25). — С. 117-121.
8. Шишацький А. В. Алгоритм вибору робочих частот для засобів військового радіозв'язку в умовах впливу навмисних завад / А. В. Шишацький, В. В. Ольшанський, Р. М. Животовський // *Системи озброєння і військова техніка.* – 2016. – № 2. – С. 62-66.
9. Шишацький А.В. Методика вибору резервних робочих частот в системах радіозв'язку з псевдовипадковою перестроювальною робочою частотою/ А.В. Шишацький, О.В .Кувшинов // *Дванадцята наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імен Івана Кожедуба “Новітні технології - для захисту повітряного простору ”, тези доповідей, 13-14 квітня 2016 року.* -Х.:ХУПС ім. І. Кожедуба, – 2016. – с.214.
10. Животовський Р.М. Методика вибору раціональних значень параметрів сигналу для безпілотних авіаційних комплексів з прогнозуванням стану каналів управління та передачі даних / Р.М.Животовський // *Системи управління, навігації та зв'язку* — 2016. — П.: ПНПУ ім. Ю. Кондратюка № 1(37)— С. 120-125.
11. R. Tesi, M. Hamelainen, J. Linatti, and V. Hovinen, "On the influence of pulsed jamming and coloured noise in UWB transmission", in *Proc. Finnish Wireless Commun. Workshop (FWCW)*, Espoo, May 2002.
12. M. G. Di Benedetto, L. De Nardis, M. Junk, and G. Giancola, "(UWB)2: uncoordinated, wireless, baseborn medium access control for UWB communication networks", *Journal of Mobile Networks and Applications*, vol. 10, no. 5, pp. 663-674, October 2005.
13. I. Maravic and M. Vetterli, " Sampling and reconstruction methods for signals of finite rate of innovation in the presence of noise", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 53, no. 8, pp. 2788-2805, August 2005.

Надійшла до редколегії 5.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Кувшинов, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ.

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МНОГОАНТЕННЫХ СИСТЕМ С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ

А.В. Шишацкий, К.Н. Гриценко, В.К.Чумак, А.А. Завада

В статье предложена методика управления параметрами многоантенных систем с шумоподобными сигналами. Указанная методика основана на адаптивном управлении параметрами многоантенных систем, которые используют шумоподобные сигналы при динамическом изменении сигнально-помеховой обстановки.

Ключевые слова: сигнально-кодовая конструкция, скорость передачи информации, вероятность битовой ошибки, радиоэлектронное подавление, шумоподобные сигналы.

METHODOLOGY OF MANAGEMENT OF PARAMETERS OF MULTI-ANTENNA SYSTEMS WITH SOUND-SIGNAL SIGNALS

A.V. Shyshatskyi, K.N.Gritsenok, V.K.Chumak, A.A.Zavada

The article proposes a technique for controlling the parameters of multi-antenna systems with noise-like signals. This technique is based on the adaptive control of parameters of multi-antenna systems that use noise-like signals when the signal-noise environment changes dynamically.

Keywords: signal-code construction, information transfer rate, probability of bit error, radio-electronic suppression, noise-like signals.