

М.І. КОЗЛЕНКО, канд. техн. наук, доц., ПВНЗ "Галицька академія",
Івано-Франківськ

ОПТИМАЛЬНИЙ ОБСЯГ СТАТИСТИЧНОЇ ВИБІРКИ ДЛЯ ЦИФРОВОЇ ДЕМОДУЛЯЦІЇ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ З КЕРОВАНОЮ ЕНТРОПІЄЮ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

Проведено дослідження ефективності цифрової демодуляції широкосмугових сигналів з керованою ентропією в залежності від розміру статистичної вибірки, що використовується для оцінювання. Отримано числові значення, що дозволяє максимізувати завадостійкість обміну даними в розподілених комп'ютерних та телекомунікаційних системах та мережах загального та спеціального призначення. Іл.: 2. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: статистична вибірка, широкосмуговий сигнал, керована ентропія, комп'ютерна система.

Вступ. Використання широкосмугових сигналів в розподілених комп'ютерних та телекомунікаційних системах обґрунтовано зростаючими вимогами до сучасних систем та мереж в різних галузях промисловості. Останні досягнення комунікаційних технологій зумовили виникнення нового покоління бездротових комунікаційних засобів таких систем, реалізованих на основі широкосмугових сигналів, що підтверджується значною кількістю публікацій на згадану тему.

Традиційно забезпечення високої достовірності обміну даними в комунікаційних каналах ґрунтується на методах формування та оброблення широкосмугових сигналів з великою базою, при цьому найширше застосування отримали засоби реалізовані на основі формування дискретних псевдовипадкових послідовностей та кореляційного опрацювання сигналів. Проте згадані технології мають низку недоліків, які обмежують їх практичну реалізацію, пов'язану з необхідністю застосування складних апаратних та алгоритмічних методів формування псевдовипадкових послідовностей, необхідністю зберігання еталонів сигналів в пристроях оброблення, використанням складних алгоритмів кореляційного опрацювання та переважним використанням неоптимальних методів оброблення синусоїдних сигналів-носіїв. При цьому, як правило, в якості маніпульованих ознак таких сигналів використовують амплітуду, частоту, фазу або комбінації цих ознак.

Постановка проблеми в цілому. Широке використання бездротових технологій при побудові розподілених комп'ютерних систем та мереж промислового призначення, які функціонують в умовах інтенсивних промислових завод, визначає необхідність пошуку нових

рішень на методичному, структурному та алгоритмічному рівнях при створенні цифрових засобів реалізації комунікацій. Результативне вирішення цього завдання можливе за умови успішного розв'язання наукових проблем створення та розвитку нових ефективних методів формування та опрацювання ширококутових сигналів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Традиційні методи (DSSS, FHSS) формування ширококутових сигналів описані в роботі [1]. Методи формування надширококутових сигналів (UWB) описані в роботі [2]. Використання явищ детермінованого динамічного хаосу для цілей формування та оброблення сигналів описано в працях [3, 4]. В роботах [5, 6] запропоновано новий метод формування та опрацювання ширококутових сигналів з керованою ентропією де значення ентропії розподілу амплітуд сформованого випадкового сигналу ставиться у відповідність до символів вихідного інформаційного повідомлення. Це дає можливість використовувати ентропію для ідентифікації символів повідомлення і не вимагає використання складних алгоритмів генерування псевдовипадкових послідовностей для розширення спектру сигналів. Опрацювання таких ширококутових сигналів ґрунтується на статистичному оцінюванні значень ентропії відповідних фрагментів суміші сигналу та завад (символьних інтервалів) з подальшим ухваленням рішення про дискретне значення символу повідомлення, що на відміну від кореляційних методів не потребує зберігання еталонів форми оброблюваних сигналів. На даний час проведено дослідження впливу завад, що діють у каналі, на такі сигнали [7]. Оцінена завадостійкість методу. Раніше невирішеною частиною загальної проблеми, є питання оптимізації розміру вибірки, що використовується для оцінювання ентропії, саме цьому і присвячена дана робота.

Формулювання цілей даної роботи. Отже, об'єктом дослідження є завадостійкість методу і його залежність від розміру вибірки при опрацюванні ширококутових сигналів з керованою ентропією, а отримання кількісних показників є основною метою роботи.

Викладення основного матеріалу досліджень. В [8] отримано наступні аналітичні вирази для завадостійкості методу:

$$P_b \approx Q \left(0,245 \cdot \log_2 \left(1 + 2 \frac{S}{N} \right) \cdot \sqrt{n-1} \right); \quad (1)$$

$$P_b \approx Q \left(0,245 \cdot \log_2 \left(1 + \frac{4E_b}{N_0 n} \right) \cdot \sqrt{n-1} \right), \quad (2)$$

де S/N – відношення сигнал завада за потужністю;

E_b/N_0 – нормоване відношення сигнал завади;

n – розмір вибірки;

$Q(\cdot)$ – гаусів інтеграл помилок [1].

З виразів (1), (2) можна побачити, що для даного методу значення кількості відліків у вибірці (а отже і значення бази сигналів) істотно впливає на ймовірність помилки при заданому відношенні E_b/N_0 , що пояснюється залежністю потужності завади в точці прийняття рішень від кількості відліків у вибірці. Крім того, залежність аргументу гаусового інтегралу помилок від n не є монотонною. Для встановлення оптимального розміру вибірки знайдено значення n , яке максимізує аргумент гаусового інтегралу помилок в (2) при постійному E_b/N_0 (в даному випадку обрано величину 20 дБ з практичних міркувань). Встановлено, що в таких умовах цей максимум (а отже і мінімум ймовірності помилки), досягається при $n = 105$.

Також проведено моделювання в обчислювальному експерименті, в ході якого побудовано залежність оцінки обраного критерію завадостійкості [1] $\hat{K} = (\hat{a}_1 - \hat{a}_2)/(2s_0)$ від відношення S/N та розміру вибірки n (див. рис. 1).

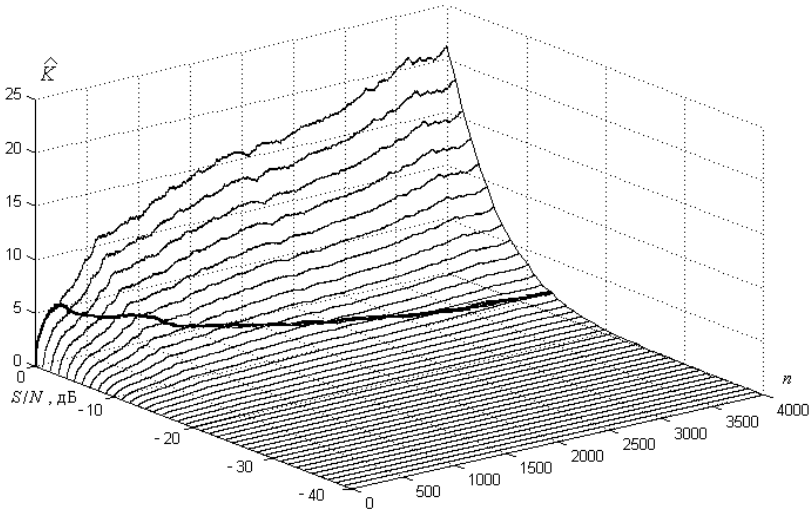


Рис. 1. Залежність $\hat{K} = (\hat{a}_1 - \hat{a}_2)/(2s_0)$ від n та S/N

На поверхні виділено криву яка відповідає постійному E_b/N_0 (в даному випадку 20 дБ). Ця крива представлена на рис. 2 в залежності

тільки від однієї координати – розміру вибірки. Також на рис. 2 подано значення K , обчислені за (2) (K – аргумент гаусового інтегралу в (2)).

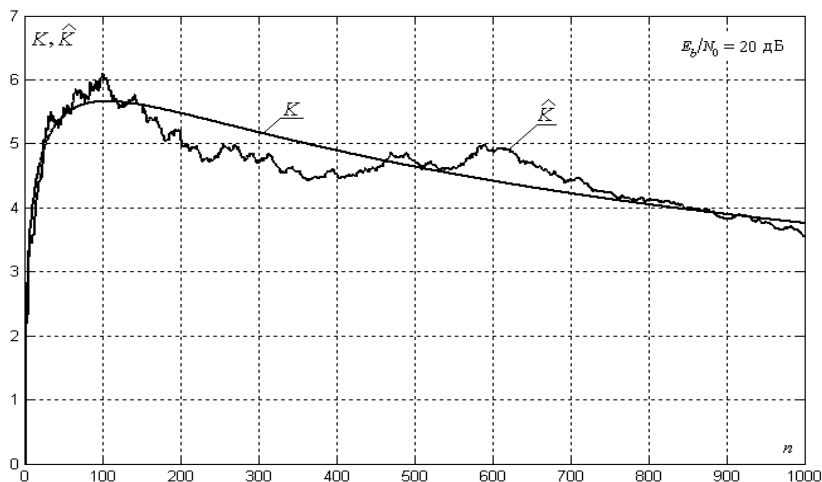


Рис. 2. Залежність $\hat{K} = (\hat{a}_1 - \hat{a}_2)/(2s_0)$ від n при $E_b/N_0 = 20$ дБ

Основні результати досліджень. З рис. 1 та 2 можна побачити, що у таких умовах оптимальне значення критерію, а отже й мінімальна ймовірність спотворення двійкового символу досягається при розмірах вибірки близько 100 відліків, що при обраній частоті дискретизації відповідає базі сигналу близько 17 дБ, тривалості символного інтервалу 2,08(3) мс та швидкості обміну даними 480 біт/с. Таким чином, можна побачити, що результати моделювання практично збігаються з отриманими аналітично.

Висновки. Отже на практиці слід обирати розмір обсяг вибірки для статистичного оцінювання ентропії суміші корисного сигналу та завади близько 100 відліків прийнятого сигналу.

Перспективи подальших досліджень. Основними напрямками подальшого дослідження є вдосконалення процедури оцінювання ентропії, з метою мінімізації помилки, аналіз завадостійкості при застосуванні інших ймовірнісних характеристик, розроблення ефективних способів демодуляції, дослідження застосування відновлення проміжних відліків сигналу, зокрема за допомогою інтерполяції тощо.

Список літератури: 1. Bernard Sklar. Digital communications: fundamentals and applications / Bernard Sklar. – Prentice-Hall PTR, 2001. – 1079 р. 2. Шахнович И. Сверхширокополосная

связь. Второе рождение ? / И. Шахнович // Электроника: НТБ. – 2001. – № 4. – С. 8–15.

3. Дубровский В. Анализ возможностей применения хаоса в современных системах связи [Электронный ресурс] / В. Дубровский. – Режим доступа: http://www.radioradar.net/articles/scientific_technical/haos2.html

4. Бельский Ю.Л. Передача информации с помощью детерминированного хаоса / Ю.Л. Бельский, А.С. Дмитриев // Радиотехника и электроника. – 1993. – Т. 38. – № 7. – С. 1310–1315. 5. Пат. 81017 Україна, МПК(2006) H04B 1/69. Спосіб передавання та приймання інформації / С.І. Мельничук, М. І. Козленко (Україна). – заявка № а 2005 08893; заявл. 19.09.2005; опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19.

6. Козленко М.І. Формування та обробка ширококугових сигналів на основі випадкових процесів зі змінною ентропією розподілу імовірностей станів / М.І. Козленко, С.І. Мельничук // Наукові вісті інституту менеджменту та економіки "Галицька академія". – 2006. – № 1 (9). – Івано-Франківськ: ІМЕ "Галицька академія", 2006. – С. 28–31.

7. Мельничук С.І. Дослідження статистичних характеристик випадкових сигналів провідникових та радіоканалів обміну даними розподілених систем контролю / С.І. Мельничук, М.І. Козленко // Вісник ХНУ. – 2005. – № 4. – Ч. 1. – Т. 2. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – С. 62–65.

8. Козленко М.І. Метод та засоби формування і оброблення ширококугових сигналів зі змінною ентропією в розподілених комп'ютерних системах: Автореф. дис. ... к. т. н.: 05.13.05 / М.І. Козленко; НУ "Львівська політехніка". – Захист 27.03.2009. – Львів, 2008. – 20 с.

Статтю представив д.т.н., проф. ПВНЗ "Галицька академія" Адасовський Б.І.

УДК 681.325

Оптимальный объем статистической выборки для цифровой демодуляции широкополосных сигналов с управляемой энтропией / Козленко М.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2012. – № 62 (968). – С. 96 – 100.

Проведено дослідження ефективності цифрової демодуляції широкополосних сигналів з управляємою ентропією в залежності від розміра статистичної вибірки, яка використовується для оцінювання. Отримані числові значення, що дозволяють максимізувати помехостійкість обміну даними в розподілених комп'ютерних і телекомунікаційних системах і мережах загального і спеціального призначення. Ил.: 2. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: статистическая выборка, широкополосный сигнал, управляемая энтропия, компьютерная система.

UDC 681.325

Optimal dimension of the statistical sample for the variable entropy spread spectrum signals digital demodulation / Kozlenko M.I. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2012. – № 62 (968). – P. 96 – 100.

Optimal dimension of the statistical sample for the variable entropy spread spectrum signals digital demodulation has been obtained. Optimal dimension samples using improves the noise proof feature index of the data communication in the distributed computer and telecommunication systems. Figs.: 2. Refs.: 8 titles.

Keywords: statistical sample, spread spectrum signal, variable entropy, computer system.

Надійшла до редакції 10.07.2012