

# ХАРАКТЕР ТА СИМЕТРІЯ ФУНКЦІЙ ПРАВДОПОДІБНОСТІ ПРИ ДЕМОДУЛЯЦІЇ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ ЗІ ЗМІННОЮ ЕНТРОПІЄЮ В РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

Козленко М. І.

Приватний вищий навчальний заклад "Галицька академія"  
76000, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Вовчинецька, 227  
тел. 0 (342) 72-30-21, факс 0 (342)71-51-59, e-mail: academy@imega.edu.ua

The character and symmetry of the demodulation spread spectrum signals likelihood functions have been estimated.

Однією з основних задач при реалізації розподілених комп'ютерних систем та мереж промислового призначення є забезпечення високоякісного обміну даними між елементами таких систем. Широке використання бездротових комунікаційних технологій при побудові розподілених комп'ютерних систем, які функціонують в умовах інтенсивних завад техногенного походження, визначає необхідність застосування широкосмугових сигналів. Перспективним є формування та опрацювання широкосмугових сигналів основане на використанні повністю випадкових шумоподібних сигналів, ентропія розподілу амплітуд яких поставлена у відповідність до символів інформаційного повідомлення, що передається. В такому випадку демодуляція зводиться до статистичного оцінювання ентропії суміші сигналу і завади протягом символного інтервалу з подальшим порівнянням з порогом і ухваленням рішення про дискретне значення прийнятого символу. Це забезпечує високу якість, надійність та стабільність обміну даними і є простим з погляду апаратної та програмної реалізації [1].

Проведено дослідження характеру та симетрії функцій правдоподібності сигналів на виході демодулятора, що працює за таким методом, шляхом моделювання в обчислювальних експериментах. Вибір сигналів проведено у спосіб коли стан "1" інформаційного символу представлено випадковим сигналом  $s_1(t)$  з розподілом ймовірностей близьким до нормального, рівномірною спектральною щільністю і відповідним сталим рівнем ентропії, а стан "0" – сигналом  $s_2(t)$  у вигляді пасивної паузи. Завада, що діє у каналі, розглядається як стаціонарний адитивний білий гаусів шум. Сигнали та завади, у межах проведеного дослідження, формувались, опрацьовувались та зберігались у цифровому вигляді з такими параметрами: кількість рівнів квантування 65536 (16 біт), частота дискретизації 48000 Гц, ширина частотної смуги сигналів та завад 24000 Гц. Дослідження проводилось для швидкостей обміну даними від 12 до 24000 біт/с, що відповідає тривалості символного інтервалу від 0,08(3) до  $4,167 \cdot 10^{-5}$  с.

Для визначення ймовірності спотворення двійкового символу необхідно побудувати функції правдоподібності у вигляді щільностей ймовірностей сигналу  $z(T)$  на виході демодулятора для вхідних сигналів  $s_1(t)$  та  $s_2(t)$ . Для побудови функцій правдоподібності необхідно визначити розподіли ймовірностей сигналу  $z(T)$ . Математичні сподівання цих розподілів є, відповідно,  $a_1$  та  $a_2$  – бажані сигнальні компоненти в точці ухвалення рішень, а дисперсії, а також характер розподілів визначається характером завади в точці ухвалення рішень, точніше, її випадковою змінною складовою.

Визначення характеру розподілу ймовірностей завади в точці ухвалення рішень проведено шляхом багаторазового обчислення значення сигналу  $z(T)$ , тобто, оцінювання ентропії змодельованого тестового сигналу з подальшим визначенням відносних частот попадання значень сигналу  $z(T)$  (оцінки ентропії вхідного сигналу) в межі класових інтервалів. Розглянуто випадок у якому значення розбиті на 101 класовий інтервал. Оцінювання ентропії відбувалось на підставі 4000 відліків сигналу 1000 разів. Розподіл відносних частот сигналу  $z(T)$  в точці ухвалення рішень для цих випадків, у вигляді гістограми, представлено на рис. 1. На горизонтальній вісі відкладено значення які приймав сигнал  $z(T)$  (оцінка ентропії тестового сигналу) під час досліджень, а на вертикальній - відносна частота появи цього значення. Дослідження отриманих результатів за критеріями Жарка-Бера та Lilliefors, показало, що статистична гіпотеза про нормальність цього розподілу може бути прийнятою при рівні значущості 0,05 (значення тестової статистики 0,0182 при граничному значенні 0,0280).

Отже, надалі доцільно вважати, що функції правдоподібності сигналів мають дзвонovidний гаусів вигляд, що не суперечить відомим теоретичним положенням.

Для визначення факту симетрії чи асиметрії функцій правдоподібності, який враховується при розрахунку ймовірності помилок, необхідно оцінити залежність параметрів розподілів ймовірностей, зокрема, дисперсії значень сигналу  $z(T)$ , від математичних сподівань значень цього сигналу.

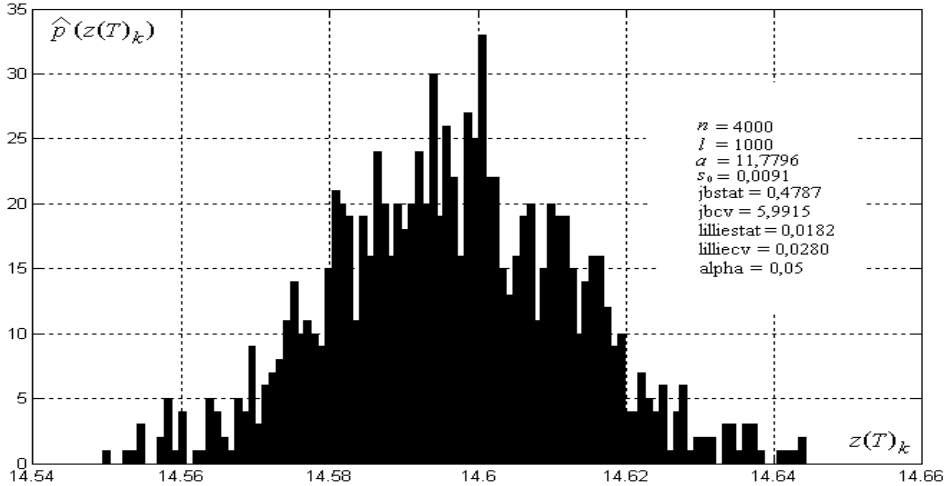


Рис. 1. Розподіл відносних частот оцінки ентропії, кількість відліків 4000, кількість оцінок 1000, кількість класових інтервалів 101

Відсутність такої залежності показує, що при зсуві функції правдоподібності вздовж горизонтальної вісі не змінюється характер розподілу та дисперсія, отже функції правдоподібності для обох сигналів можна вважати симетричними відносно умовної вертикальної лінії, що проходить через точку їх перетину. Для цього проведено дослідження залежності СКВ  $\sigma_0$  сигналу  $z(T)$  від математичного сподівання  $a$  цього сигналу (СКВ  $\sigma_0$  для даного методу залежить від способу та параметрів оцінювання ентропії, в т. ч. від кількості відліків, що використовуються для обчислення оцінки  $\hat{H}$  ентропії). Для дослідження такої залежності проведено багаторазове обчислення значень сигналу  $z(T)$  для трьох змодельованих тестових сигналів з різними значеннями ентропії (100 разів для кожного сигналу, на підставі  $n = 100, 1000, 10000$  та  $100000$  відліків сигналу) з подальшим статистичним аналізом. На підставі отриманих масивів даних, обчислені оцінка  $\hat{a}$  мат. сподівання  $a$  та оцінка  $s_0$  СКВ  $\sigma_0$  сигналу  $z(T)$  (див. табл. 1,  $N$  - потужність шуму на вході демодулятора).

Таблиця 1 - Залежність оцінки  $s_0$  від оцінки  $\hat{a}$

$N$ , дБВт	-20,7		-17,7		-14,7	
$n$	$\hat{a}$	$s_0$	$\hat{a}$	$s_0$	$\hat{a}$	$s_0$
100	13,586	0,105	14,075	0,102	14,584	0,103
1000	13,596	0,030	14,100	0,035	14,599	0,033
10000	13,597	0,011	14,099	0,010	14,596	0,012
100000	13,598	0,003	14,097	0,003	14,598	0,003

Як можна побачити, СКВ  $\sigma_0$  практично не залежить від математичного сподівання  $a$ , тому, для практичного застосування, функції правдоподібності можна вважати симетричними. Зокрема, для двох сигналів, потужність яких відрізняється на 6 дБ, а ентропія на 1 біт/відлік, різниця оцінок  $s_0$  не перевищує 1,9 % при використанні 100 відліків.

1. Пат. 81017 Україна, МПК(2006) Н04В 1/69. Спосіб передавання та приймання інформації / Мельничук С. І., Козленко М. І. (Україна). – заявка № а 2005 08893; заявл. 19.09.2005; опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19.