

Список литературы

1. Пат. 2213320 Российская Федерация, МПК F41 J 5/02. Световая мишень / Афанасьева Н. Ю., Веркиенко Ю. В., Казаков В. С., Коробейников В. В.; заявитель и патентообладатель Ин-т прикладной механики УрО РАН. – № 2002116940/02; заявл. 24.06.02; опубл. 27.09.03, Бюл. № 27. – 18 с. : ил.
2. Шаниро Я. М. Внешняя баллистика. – М. : Оборонгиз, 1946. – 408 с.
3. Бесекеерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования : учебник. – 3-е изд., испр. – М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1975. – 768 с.
4. Коротаев В. Н., Аминов И. Р., Афанасьева Н. Ю. Уменьшение погрешности световой мишени из-за нутации полета тела // Вестн. ИжГТУ. – 2007. – № 1. – С. 26–29.
5. Математика и САПР : в 2 кн. Кн. 1. Основные методы. Теория полюсов / П. Шенен, М. Коснар, И. Гардан ; пер. с фр. С. Д. Чигирь, ред. Н. Г. Волков. – М. : Мир, 1988. – 206 с.

* * *

V. A. Afanasyev, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

V. V. Korobeynikov, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Worker, Institute of Applied Mechanics, Ural Branch of RAS, Izhevsk

Investigation of possibilities of error reduction in light targets due to bullet nutation and precession

The possibility of reducing errors at determining coordinates of impact points using time weighted moments of bullet light screen crossings are considered.

Keywords: target, coordinates, nutation, precession, error

Получено 12.10.10

УДК 621.396.62

Е. С. Бабинцев, инженер;

Филиал ОАО «Сарапульский радиозавод» конструкторское бюро «Радиосвязь»

А. Н. Копысов, кандидат технических наук, доцент;

И. З. Климов, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет

СТРУКТУРНАЯ СКРЫТНОСТЬ ДИСКРЕТНО-ЧАСТОТНОГО И МНОГОЧАСТОТНОГО ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Рассматриваются способы повышения структурной скрытности широкополосных сигналов на основе последовательностей Хаффмана путем совмещения с многочастотным и дискретно-частотным сигналами.

Ключевые слова: структурная скрытность, широкополосные сигналы, многочастотные сигналы, дискретно-частотные сигналы

В настоящее время при разработке систем радиосвязи особое внимание уделяется вопросам скрытности передачи информации. На текущий момент в современной научной литературе нет общих принципов оценки скрытности передачи. Чаще всего в качестве показателя скрытности используется такой показатель, как вероятность обнаружения события, однако такой способ обладает некоторыми недостатками, такими как необходимость знания конкретного алгоритма раскрытия собы-

тия на станции радиоэлектронной разведки, что делает затруднительным сравнение скрытностей радиосигналов разной структуры.

В предлагаемой работе используется метод определения структурной скрытности, предложенный в работе [1]. В основе этого метода лежит определение числа двоичных измерений (диз), среднее количество которых необходимо для раскрытия структуры сигнала. Такой подход позволяет сравнивать скрытность сигналов при некоторых фиксированных параметрах, таких как база сигнала, ширина полосы рабочих частот и т. д. Используя такой подход к определению структурной скрытности, ниже рассматриваются широкополосный сигнал, образованный модуляцией несущей частоты последовательностью Хаффмана (ШПС) [2], многочастотный ШПС (МЧ-ШПС), дискретно-частотный сигнал (ДЧ) [3], а также сигнал ДЧ, комбинированный с ШПС (ДЧ-ШПС).

1. Расчет потенциальной структурной скрытности ШПС, образованных модуляцией несущей последовательностями Хаффмана, приведен в работе [1]. Наибольшим показателем скрытности обладают сегменты последовательности Хаффмана, так как при этом повышается количество возможных вариантов построения сигнала.

Скрытность ШПС на основе сегментов последовательности Хаффмана определяется выражением [1]

$$S_{\text{шпс}} = \log_2 \left[4B_{\text{шпс}}^3 \beta(2B_{\text{шпс}}^2) \right], \quad (1)$$

где $B_{\text{шпс}}$ – база ШПС.

Значения скрытности для некоторых значений длины сегментов последовательностей Хаффмана приведены в табл. 1.

Таблица 1. Структурная скрытность ШПС, образованного сегментами последовательности Хаффмана

Длина образующей последовательности ШПС	Скрытность сигналов ШПС, диз
15	17
31	23
127	33
255	36
1 023	46

2. В упомянутой работе [1] приведены также результаты вычисления структурной скрытности для дискретно-частотных (ДЧ) сигналов первого рода. Несущая частота узкополосного сигнала с полосой ΔF меняется с периодичностью ΔT в соответствии с частотно-временной матрицей (рис. 1). Такие сигналы обладают одним из наиболее высоких показателей скрытности (табл. 2).

Таблица 2. Структурная скрытность ДЧ-сигнала

Значение M	Скрытность ДЧ-сигнала, диз
10	22
30	108
50	214
100	525
200	1 245

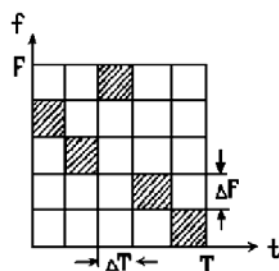


Рис. 1. Частотно-временная матрица ДЧ-сигнала

Скрытность ДЧ-сигнала [1]:

$$S_{\text{дч}} = \log_2 M!, \quad (2)$$

где M – число строк (столбцов) матрицы ДЧ-сигнала.

База ДЧ-сигнала равна количеству строк частотно-временной матрицы, т. е. равна M .

3. Многочастотный составной ШПС, представляющий собой совокупность нескольких ШПС, разделенных друг от друга по частоте (рис. 2). Каждый из образующих ШПС называется широкополосным элементом (ШПЭ) и формируется модуляцией несущего колебания псевдослучайной последовательностью.

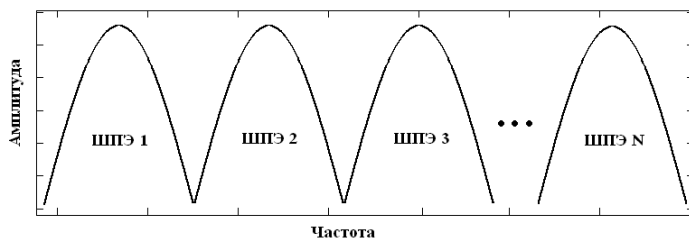


Рис. 2. Спектр сигнала МЧ-ШПС

Передаваемую цифровую информацию можно распределять по ШПЭ различным образом:

- передавать одну и ту же информацию параллельно по всем ШПЭ. В этом случае повышается надежность передачи данных, поскольку при поражении сигнала МЧ-ШПС помехами или частотно-селективными замираниями есть возможность выделения информации из непораженных ШПЭ. Однако скрытность такого сигнала будет определяться скрытностью не всего сигнала МЧ-ШПС, а только одного ШПЭ, так как для выделения информации достаточно принять любой из ШПЭ, не пораженный помехой;

- разбивать передаваемую информацию на N блоков, каждый из которых будет соответствовать своему ШПЭ. Скрытность такого сигнала будет определяться уже всеми ШПЭ, поскольку для выделения полной информации необходимо знать образующую последовательность каждого ШПЭ.

Исходя из определения структурной скрытности, измеряемой в двоичных измерениях, очевидно, что для выделения информации из сигнала МЧ-ШПС необходи-

мо раскрыть структуру каждого ШПЭ. Следовательно, общая скрытность сигнала МЧ-ШПС представляет собой сумму скрытностей каждого ШПЭ. Если ШПЭ формируются как сегменты последовательности Хаффмана, то скрытность МЧ-ШПС сигнала имеет вид

$$S_{\text{мчш}} = N \cdot S_{\text{шпэ}} = N \cdot \log_2 [4B_{\text{шпэ}}^3 \beta(2B_{\text{шпэ}}^2)], \quad (3)$$

где N – количество ШПЭ, образующих сигнал МЧ-ШПС.

База МЧ-ШПС:

$$B_{\text{мчш}} = N \cdot B_{\text{шпэ}}. \quad (4)$$

Таблица 3. Структурная скрытность МЧ-ШПС

Длина образующей последовательности ШПЭ	Скрытность сигнала МЧ-ШПС, диз				
	$N = 3$	$N = 5$	$N = 10$	$N = 20$	$N = 50$
15	50	83	166	332	829
31	70	116	232	465	1 161
127	99	165	330	660	1 651
255	108	179	359	718	1 795
1 023	138	230	461	921	2 303

4. Следующим этапом повышения скрытности ШПС является совмещение двух видов сигнально-кодовых конструкций – ШПС на основе последовательностей Хаффмана и ДЧ-сигнала. В таком сигнале каждый элемент частотно-временной матрицы ДЧ сигнала представляет собой ШПС, образованный сегментом последовательности Хаффмана.

Общая скрытность сигнала ДЧ-ШПС будет определяться суммой скрытностей сигналов ШПС и ДЧ:

$$S_{\text{дчш}} = S_{\text{шпс}} + S_{\text{дч}} = \log_2 [4B_{\text{шпс}}^3 \beta(2B_{\text{шпс}}^2) M!], \quad (5)$$

где M – количество строк (столбцов) матрицы ДЧ-сигнала.

База ДЧ-ШПС:

$$B_{\text{дчш}} = M \cdot B_{\text{шпс}}. \quad (6)$$

Таблица 4. Структурная скрытность сигнала ДЧ-ШПС

Длина образующей последовательности ШПС	Скрытность ДЧ-ШПС, диз				
	$M = 10$	$M = 30$	$M = 50$	$M = 100$	$M = 200$
15	39	125	231	542	1 262
31	45	131	237	548	1 268
127	55	141	247	558	1 278
255	58	144	250	561	1 281
1 023	68	154	260	571	1 291

Из табл. 4 видно, что скрытность, вносимая сегментами последовательностей Хаффмана в общее значение скрытности сигнала ДЧ-ШПС, незначительна, особенно при больших M .

Если сравнить скрытность сигналов МЧ-ШПС и ДЧ-ШПС с равной базой (табл. 3 и 4, а также выражения (4) и (6)), то можно увидеть, что скрытность сигнала МЧ-ШПС значительно превышает скрытность сигнала ДЧ-ШПС. Например, при

базе 150 $S_{\text{дчш}} = 39$, $S_{\text{мчш}} = 166$, а при базе 51 150 $S_{\text{дчш}} = 260$, $S_{\text{мчш}} = 2303$. Таким образом, при условии использования ШПС на основе последовательностей Хаффмана, более предпочтительным с точки зрения структурной скрытности будет использование сигнала МЧ-ШПС.

Список литературы

1. Каневский З. М., Литвиненко В. П. Теория скрытности. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1991. – 144 с.
2. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М. : Радио и связь. 1985. – 384 с.
3. Копысов А. Н., Климов И. З., Тюлькин М. В. К вопросу об исследовании частотно-временного сигнала в многолучевом канале связи // Вестн. ИжГТУ. – 2009. – № 4. – С. 125–127.

* * *

E. S. Babintsev, Postgraduate Student, Design Bureau “Radiotekhnika”, Branch of Public Company “Sarapul Radio Manufacturing Plant”

A. N. Kopysov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

I. Z. Klimov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

The Structural Secrecy of Multifrequency and Discrete Frequency Signals

The techniques of structural secrecy rising of wideband signals based on Huffman sequence by combining with multifrequency and discrete frequency signals are considered.

Keywords: structural secrecy, wideband signals, multifrequency signals, discrete frequency signals

Получено 02.11.10

УДК 621.396.6(075)

А. Н. Дементьев, соискатель

ЗАО «Научно-производственный центр „ТЕХИНФОРМ“»

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХ НА ПРИЕМНЫЕ СТАНЦИИ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

Проведена систематизация и дана общая характеристика радиолиний спутниковой навигационной системы (СНС) ГЛОНАСС. Выполнен структурный анализ потенциальных каналов непреднамеренных помех.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, космическое пространство, навигация, помеховый канал, системы

Стремительное развитие космических радиосистем обостряет проблему электромагнитной совместимости в космическом пространстве [1–3]. Особенно это касается спутниковых навигационных систем, включая СНС ГЛОНАСС [4–5], от которых зависит работоспособность многих наземных и воздушных объектов. Настоящая статья посвящена этой теме и продолжает статью [6].

Структурная схема радиолиний в СНС ГЛОНАСС показана на рис. 1.