

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/93TVN615.pdf>

DOI: 10.15862/93TVN615 (<http://dx.doi.org/10.15862/93TVN615>)

УДК 621.391

Малиничев Дмитрий Михайлович

ФГБОУ ВПО «Российский государственный социальный университет»

Россия, Москва¹

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: mmm_63@list.ru

Елисеенков Антон Владимирович

ФГБОУ ВПО «Российский государственный социальный университет»

Россия, Москва

Соискатель

E-mail: antoncnt@mail.ru

Некоторые особенности применения аппроксимирующего модульного алгоритма для обработки шумоподобных сложных сигналов

¹ 129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, д. 4, стр. 1

Аннотация. В статье приводится сравнительный анализ различных видов избыточных кодов и сложных сигналов. Широкое применение в радиотехнических системах и системах связи получили различные виды шумоподобных сложных сигналов. Это связано с их высокой помехозащищенностью, возможностью кодового разделения при работе в общей полосе частот и возможностью измерения параметров движения объектов с высокой разрешающей способностью. Для повышения помехоустойчивости обычно применяются избыточные коды, позволяющие как обнаруживать, так и исправлять ошибки, а также различные схмотехнические решения. Однако, чтобы обеспечить требуемую высокую достоверность при передаче информации, такие коды могут попользоваться только при уровне помехи существенно меньшем уровня сигнала. Другим недостатком применяемых кодов является также невозможность исправления любой возможной комбинации ошибок, они могут только исправлять наиболее правдоподобные комбинации. Сложные сигналы обладают более высокой избыточностью по сравнению с указанными выше кодами. Эта избыточность проявляется в существенном увеличении длительности сигнала при двоичном кодировании, так как каждый бит информации должен быть представлен сложным сигналом. Применение многоуровневых сигналов позволяет уменьшить в несколько раз длительность сигнала, кодирующего бит информации, в результате чего время передачи может быть сокращено до требуемой величины. Авторами предложен новый аппроксимирующий модульный алгоритм для обработки сложных сигналов, определены его математическое ожидание и дисперсия.

Ключевые слова: сложные сигналы; цифровой фильтр; M-последовательность; функция корреляции; помеха; помехозащищенность; системы связи; радиотехнические системы; обработка сигналов; спектр.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Малиничев Д.М., Елисеенков А.В. Некоторые особенности применения аппроксимирующего модульного алгоритма для обработки шумоподобных сложных сигналов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/93TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/93TVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

В настоящее время известно большое число сложных сигналов, с хорошими корреляционными свойствами [1, 7-9]. Определяющим свойством таких сигналов является то, что их автокорреляционная функция (АКФ) обладает одним основным пиком и несколькими небольшими боковыми пиками. Минимизация боковых пиков АКФ проводится для наилучшего выделения из шумов сложных сигналов на выходе согласованных фильтров. Применение таких сигналов позволяет повысить скрытность передачи и их обнаружение на фоне помех. Известны различные виды сложных сигналов, у которых боковые пики мультипликативной автокорреляционной функции достаточно малы. К ним относятся сигналы Баркера, псевдослучайные M-последовательности, последовательности Якоби, Лежандра и другие. Кроме того, известны многозначные системы фазоманипулированных сигналов, к которым относятся системы Уолша, четверичные E-коды Велти, коды Фрэнка, многофазовые системы сигналов и другие [1-3, 7-8].

Сложные сигналы в диапазоне видеочастот физически могут реализовываться с помощью потенциального кодирования как двоичного, так и многозначного, либо с применением модулированной несущей частоты. Реально используются сложные сигналы с различными видами модуляции: амплитудной, фазовой и частотной, а также их различные комбинации. В ряде случаев, когда спектр помех сосредоточен в низкочастотной области, целесообразно использовать методы формирования сложных сигналов, основанные на генерации несущей частоты.

Из известных сложных сигналов наименьшим боковым пиком их автокорреляционной функции обладают сигналы Баркера [1]. Известно, что сигналы Баркера существуют только при $N = 13$. Поэтому при $N > 13$ наиболее широкое применение получили псевдослучайные последовательности максимальной длины, или M-последовательности. Применение многоуровневых потенциальных сигналов по сравнению с двоичными позволяет уменьшить уровень максимального бокового пика АКФ не изменяя при этом длину выборки сигнала.

Из теории рядов Фурье известно, что начиная с некоторого n амплитуды гармоник становятся близкими к нулю и их можно отбросить. Соответствующим образом подбирая амплитуду крайних импульсов в таком сигнале, и, следовательно, увеличивая его значность, можно регулировать уровень боковых пиков АКФ. Чем меньше отбрасываемые амплитуды крайних импульсов, тем меньше боковые пики АКФ. То есть для подавления боковых пиков необходимо увеличивать длительность сигнала.

В развитии идеи применения многоуровневой системы передачи сигналов, предложенной в [1, 7-10], показано, что оптимальное число уровней сигнала лежит в пределах от 4 до 8, поэтому целесообразно разбивать информационное сообщение, закодированное нулями и единицами, на триады. После чего значения каждой полученной триады преобразуются в соответствующий уровень напряжения многоуровневого сигнала, который затем передается в канале связи ЛВС.

Методы увеличения помехоустойчивости [4-7] при использовании сложных сигналов хорошо известны и достаточно проработаны в радиотехнических системах и системах связи, но они не находят пока существенного применения в ЛВС. Это в первую очередь связано с тем, что сложные сигналы обладают более высокой избыточностью по сравнению с указанными выше кодами. Эта избыточность проявляется в существенном увеличении длительности сигнала при двоичном кодировании, так как каждый бит информации должен быть представлен сложным сигналом. В результате резко возрастает время обмена информацией. Применение многоуровневых сигналов позволяет уменьшить в несколько раз длительность сигнала, кодирующего бит информации, в результате чего время передачи может быть сокращено до требуемой величины. Кроме того, возможность применения известного, при реализации приемных устройств в радиотехнических системах и системах

связи, метода параллельной обработки принимаемой информации, также позволит снизить избыточность передаваемой информации. Поэтому представляется целесообразным исследовать возможности применения сложных сигналов в ЛВС для повышения их помехоустойчивости.

Применение сложных сигналов в ЛВС позволяет также решить проблему обеспечения скрытности передаваемой информации. Проблема защиты информации от несанкционированного доступа является весьма актуальной в вычислительной технике, и в настоящее время разработано большое число как программных, так и аппаратных методов защиты, связанных в основном с тем или иным способом шифрации и дешифрации информации. Это приводит к существенному возрастанию времени при обработке и обмене информацией, а также к увеличению аппаратных затрат. Поэтому представляется целесообразным в ряде случаев применять сложные сигналы для защиты передаваемой информации.

В настоящее время в качестве устройств обработки сложных сигналов используются *цифровые программируемые согласованные фильтры (ЦПСФ)* [7-9], в том числе реализующие вычисление функции корреляции непрямыми методами, в частности, модульным.

Особенность модульной функции корреляции состоит в том, что она становится равной нулю при полном совпадении входного и опорного сигналов. Ее недостатком является существенная погрешность при вычислении корреляционной функции. Эта погрешность может быть уменьшена при вычислении модифицированного модульного алгоритма [7-9]. Однако это приводит к увеличению оборудования, необходимого для его технической реализации. Поэтому предлагается использовать для вычисления функции корреляции многозначной М-последовательности аппроксимирующий модульный алгоритм, определяемый выражением:

$$C_{m=0}^{N-1} (A + \Delta - |b_i - b_{i-m}|), \quad (1)$$

где Δ – есть функция от $Z = b_i - b_{i-m}$, то есть:

$$\Delta = \begin{cases} 0 & , \text{ при } |Z| = 0, 2, 4; p=5 \\ (\sqrt{2} - 1) & , \text{ при } |Z| = 1; p=5 \\ -(\sqrt{2} - 1) & , \text{ при } |Z| = 3; p=5, \end{cases} \quad (2)$$

где p – значность обрабатываемой М-последовательности.

Вычислим математическое ожидание и дисперсию аппроксимирующего модульного алгоритма (1). Пусть t_k - дискретная плотность распределения случайной величины $A + \Delta - z_k$,

где $k=0, \dots, p$, тогда $M(A + \Delta - z_k) = \sum_{k=0}^{p-1} t_k k$ - ее математическое ожидание, а

$D(A + \Delta - z_k) = \sum_{k=0}^{p-1} t_k (k - M)^2$ - дисперсия. Поэтому, учитывая свойства математического ожидания и дисперсии, получаем:

$$M(C_m) = NM(A + \Delta - z_k) = \sum_{k=0}^{p-1} t_k kN, \tag{3}$$

$$D(C_m) = ND(A + \Delta - z_k) = \sum_{k=0}^{p-1} t_k N(k - M)^2 \tag{4}$$

Для случая (2) имеем:

$$A + \Delta - z_k = \begin{cases} 4, \dots, \dots, \dots, k = 0; \\ \sqrt{2} + 2, \dots, \dots, k = 1; \\ 2, \dots, \dots, \dots, k = 2; \\ -\sqrt{2} + 2, \dots, \dots, k = 3; \\ 0, \dots, \dots, \dots, k = 4. \end{cases}$$

Таким образом:

$$t_k = \begin{cases} \frac{4}{10}, \dots, \dots, \dots, k = 0; \\ \frac{\sqrt{2} + 2}{10}, \dots, \dots, k = 1; \\ \frac{2}{10}, \dots, \dots, \dots, k = 2; \\ \frac{-\sqrt{2} + 2}{10}, \dots, \dots, k = 3; \\ 0, \dots, \dots, \dots, k = 4. \end{cases}$$

следовательно: $\sum_{k=0}^4 t_k = 1$

Для вычисления математического ожидания и дисперсии заполним следующую таблицу:

k	0	1	2	3	4	Σ
t_k	$\frac{4}{10}$	$\frac{\sqrt{2} + 2}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{-\sqrt{2} + 2}{10}$	0	
$t_k k$	0	$\frac{\sqrt{2} + 2}{10}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{-3\sqrt{2} + 6}{10}$	0	$\frac{-2\sqrt{2} + 12}{10}$
$(k - M)$	$\frac{2\sqrt{2} - 12}{10}$	$\frac{2\sqrt{2} - 2}{10}$	$\frac{2\sqrt{2} + 8}{10}$	$\frac{2\sqrt{2} + 18}{10}$	$\frac{2\sqrt{2} + 28}{10}$	
$(k - M)^2$	$\frac{-48\sqrt{2} + 152}{100}$	$\frac{-8\sqrt{2} + 12}{100}$	$\frac{32\sqrt{2} + 72}{100}$	$\frac{72\sqrt{2} + 332}{100}$	$\frac{112\sqrt{2} + 792}{100}$	
$t_k (k - M)^2$	$\frac{-192\sqrt{2} + 608}{1000}$	$\frac{-4\sqrt{2} + 8}{1000}$	$\frac{64\sqrt{2} + 144}{1000}$	$\frac{-188\sqrt{2} + 520}{1000}$	0	$\frac{-320\sqrt{2} + 1280}{1000}$

Следовательно, математическое ожидание равно: $\frac{-2\sqrt{2} + 12}{10} \approx 0,92$, а дисперсия: $\frac{-320\sqrt{2} + 1280}{1000} \approx 0,83$.

$$M(C_m) = NM(A + \Delta - z_k) = \sum_{k=0}^{p-1} t_k kN = 22,08$$

$$D(C_m) = ND(\Delta - z_k) = \sum_{k=0}^{p-1} t_k N(k - M)^2 = 19,92$$

Таким образом, в качестве обработки многозначных М-последовательностей необходимо применять аппроксимирующий модульный алгоритм.

Выводы:

- Шумоподобные сложные сигналы необходимо использовать в распределенных системах связи для повышения помехоустойчивости каналов связи.
- Предложен новый алгоритм - аппроксимирующий модульный алгоритм, который позволяет обрабатывать многозначные сигналы.
- Рассчитаны математическое ожидание и дисперсия нового аппроксимирующего модульного алгоритма.
- Показано, что многозначные М-последовательности можно обрабатывать с помощью цифровых программируемых согласованных фильтров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985, С. 384.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь. 1989, С. 653.
3. Маквцов Е.Н., Тартаковский А.М. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов. М.: Радио и связь. 1993.
4. Дорофман В.М., Иванов Л.В. ЭВМ и её элементы. Развитие и оптимизация. М.: Радио и связь. 1988.
5. Волков В.А. Оценочные модели надежности кластерных вычислительных систем // Динамика сложных систем. 2011, №3, С. 45-50.
6. Куликов О.Е., Шалумов А.С. Обеспечение электромагнитной совместимости на ранних стадиях проектирования радиоэлектронной аппаратуры: средства и методы реализации // Успехи современной радиоэлектроники. 2011, №1. С12-18.
7. Малиничев Д.М., Бойков В.В., Болнокин В.Е. Анализ корреляционных свойств многозначных M-последовательностей // Динамика сложных систем. – 2012. - №2., т.6. - С. 83-86.
8. Малиничев Д.М. и др. Анализ характеристик модифицированного модульного алгоритма вычисления функции корреляции // Динамика сложных систем. – 2012. - №2., т.6. - С. 86-89.
9. Малиничев Д.М. Некоторые возможности применения цифровых программируемых согласованных фильтров в локальных вычислительных системах // Динамика сложных систем. – 2012. - №3., т.6. - С. 91-94.
10. Malinichev D.M., Nguyen H.K.N. Logic synthesis FPGA - Covering problems with Walsh spectral representation. Proc. IEEE, The 6th International Conference on Telecommunication Systems, Services and Applications. 2011 (TSSA 2011), Bali Indonesia.

Рецензент: Статья рецензирована членами редколлегии журнала.

Malinichev Dmitry Mihailovich

Russian state social university

Russia, Moscow

E-mail: mmm_63@list.ru

Eliseenkov Anton Vladimirovich

Russian state social university

Russia, Moscow

E-mail: antoncnt@mail.ru

Some features of application of the approximating modular algorithm for processing of noise-type difficult signals

Abstract. The comparative analysis of different types of excess codes and difficult signals is provided in article. Broad application in radio engineering systems and communication systems was received by different types of noise-type difficult signals. It is connected with their high noise immunity, possibility of code division during the work in the general strip of frequencies and possibility of measurement of parameters of the movement of objects with high resolution. The excess codes allowing both to find, and to correct errors, and also various circuitry decisions are usually applied to increase of a noise stability. However, to provide the demanded high reliability at information transfer, such codes can use only at hindrance level significantly smaller signal level. Other lack of the applied codes is also the impossibility of correction of any possible combination of mistakes, they can correct the most plausible combinations only. Difficult signals possess higher redundancy in comparison with the codes stated above. This redundancy is shown in essential increase in duration of a signal at binary coding as each bit of information has to be presented by a difficult signal. Application of multilevel signals allows to reduce several times duration of the signal coding information bit therefore time of transfer can be reduced up to the demanded size. Authors offered the new approximating modular algorithm for processing of difficult signals, its population mean and dispersion are defined.

Keywords: difficult signals; digital filter; M-sequence; correlation function; hindrance; noise immunity; communication systems; radio engineering systems; processing of signals; range.

REFERENCES

1. Varakin L.E. Communication systems with noise-type signals. – M.: Radio and communication, 1985, S. 384.
2. Levin B.R. Theoretical bases of statistical radio engineering. M.: Radio and communication. 1989, S. 653.
3. Makvetsov E.N., Tartakovsky A.M. Mechanical influences and protection of the radio-electronic equipment: The textbook for higher education institutions. M.: Radio and communication. 1993.
4. Dorofman V.M., Ivanov L.V. Computer and its elements. Development and optimization. M.: Radio and communication. 1988.
5. Wolves of V.A. Estimated models of reliability of cluster computing systems // Dynamics of difficult systems. 2011, No. 3, S. 45-50.
6. Sandpipers O.E., Shalumov A.S. Ensuring electromagnetic compatibility at early design stages of the radio-electronic equipment: means and methods of realization // Achievements of modern radio electronics. 2011, No. 1. C. 12-18.
7. Malinichev D.M., Boykov V.V., Bolnokin V.E. Analysis of correlation properties of multiple-valued M-sequences // Dynamics of difficult systems. – 2012. - No. 2., t.6. - Page 83-86.
8. Malinichev D.M., etc. The analysis of characteristics of the modified modular algorithm of function evaluation of correlation // Dynamics of difficult systems. – 2012. - No. 2., t.6. - Page 86-89.
9. Malinichev D.M. Some opportunities of use of the digital programmable coordinated filters in local computing systems // Dynamics of difficult systems. – 2012. - No. 3., t.6. - Page 91-94.
10. Malinichev D.M., Nguyen H.K.N. Logic synthesis FPGA - Covering problems with Walsh spectral representation. Proc. IEEE, The 6th International Conference on Telecommunication Systems, Services and Applications. 2011 (TSSA 2011), Bali Indonesia.