

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Electronică și Telecomunicații

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice

Admis la susținere

șef departament TSE:

Sava Lilia conf.univ., dr.

_____ 2020
„_____”

**Cercetarea imunității la perturbații a sistemelor de
transmisie a datelor cu semnale asemănătoare
zgomotului (bazate pe rețele binare perfecte)**

**Исследование помехозащищенности систем
передачи данных с шумоподобными
сигналами (совершенные двоичные решетки)**

Teza de master

Masterand: _____ Griceaniuc Vitalie, SCE-191M

Coordonator: _____ (Sorochin Gh. Conf.univ.,dr)

Consultant: _____ (Șestacova T. Conf.univ.,dr)

Consultant: _____ (Gangan S.Conf.univ.,dr)

Chișinău 2020

АННОТАЦИЯ

Магистерская работа Гричанюка В. на тему “ Исследование помехозащищенности систем передачи данных с шумоподобными сигналами (совершенные двоичные решетки)” представлена на 61 странице и содержит введение, 3 главы, заключение и список используемой литературы.

Ключевые слова: шумоподобный сигнал, расширение спектра, псевдослучайная последовательность, двоичная решетка, совершенная двоичная решетка, автокорреляционная функция, взаимная корреляционная функция.

В магистерской работе выполнен анализ характеристик шумоподобных сигналов: рассмотрены основные виды шумоподобных сигналов и сделан анализ методов их обработки; сделан анализ применения в широкополосных системах передачи данных двоичных совершенных решеток в качестве шумоподобных сигналов.

Показано, что в системах передачи данных и в системах с кодовым разделением каналов качество приема и обработки входных сигналов в основном определяется корреляционными свойствами применяемых кодов расширения.

Основное внимание было уделено исследованию корреляционных характеристик ПСП, которые получены на базе совершенных двоичных решеток заданной длины.

Показано, что переход от узкополосного информационного сигнала к широкополосному, шумоподобному сигналу значительно увеличивает помехоустойчивость системы, защиту от несанкционированного доступа и улучшает электромагнитную совместимость системы.

Заданные ПСП совершенных двоичных решеток были промоделированы в среде Матлаб с использованием библиотеки блоков Симулинк и программным способом. Результаты моделирования показали, что корреляционные характеристики исследованных ПСП совпадают с заданными. Сделаны рекомендации по использованию исследованных ПСП в системах передачи данных.

В экономическом разделе выполнены расчеты научного эффекта и сметы затрат на выполнение магистерской работы.

ADNOTARE

Teza de master a lui V. Grichanyuk pe tema „Cercetarea imunității la zgomot a sistemelor de transmisie a datelor cu semnale asemănătoare zgomotului (rețele binare perfecte)” este prezentată pe 61 de pagini și conține o introducere, 3 capitole, o concluzie și o listă a literaturii folosite.

Cuvinte cheie: semnal asemănător zgomotului, răspândirea spectrului, secvență pseudo-aleatorie, rețea binară, rețea binară perfectă, funcție de autocorelare, funcție de corelație reciprocă.

În lucrarea masterului se efectuează analiza caracteristicilor semnalelor de tip zgomot: se iau în considerare principalele tipuri de semnale de tip zgomot și se face analiza metodelor de procesare a acestora; se face o analiză a utilizării rețelelor binare perfecte ca semnale asemănătoare zgomotului în sistemele de transmisie de date în bandă largă.

Se arată că în sistemele de transmisie a datelor și în sistemele cu diviziune de cod a canalelor, calitatea recepției și procesării semnalelor de intrare este determinată în principal de proprietățile de corelație ale codurilor de răspândire aplicate.

Principala atenție a fost acordată studiului caracteristicilor de corelație ale SPA, care au fost obținute pe baza rețelelor binare perfecte de o lungime dată.

Se arată că trecerea de la un semnal de informații cu bandă îngustă la un semnal de bandă largă, asemănător zgomotului, mărește semnificativ imunitatea la zgomot a sistemului, protejează împotriva accesului neautorizat și îmbunătățește compatibilitatea electromagnetică a sistemului.

SPA-ul date de rețele binare perfecte au fost simulate în mediul Matlab folosind biblioteca de blocuri Simulink și în mod programatic. Rezultatele simulării au arătat că caracteristicile de corelație ale SPA studiate coincid cu cele specificate. Se fac recomandări cu privire la utilizarea lățimii de bandă studiate în sistemele de transmisie a datelor.

În secțiunea economică, sunt efectuate calculele efectului științific și a estimărilor de costuri pentru executarea tezei de master.

ANNOTATION

The master's work by V. Grichanyuk on the topic “Research of noise immunity of data transmission systems with noise-like signals (perfect binary lattices)” is presented on 61 pages and contains an introduction, 3 chapters, a conclusion and a list of used literature.

Keywords: noise-like signal, spectrum spreading, pseudo-random sequence, binary lattice, perfect binary lattice, autocorrelation function, cross correlation function.

In the master's work, the analysis of the characteristics of noise-like signals is carried out: the main types of noise-like signals are considered and the analysis of methods for their processing is made; an analysis of the use of binary perfect gratings as noise-like signals in broadband data transmission systems is made.

It is shown that in data transmission systems the quality of reception and processing of input signals is mainly determined by the correlation properties of the applied spreading codes.

The main attention was paid to the study of the correlation characteristics of the PRS, which are obtained on the basis of perfect binary lattices of a given length.

It is shown that the transition from a narrowband information signal to a wideband, noise-like signal significantly increases the system's noise immunity, protection against unauthorized access, and improves the electromagnetic compatibility of the system.

The given PRS of perfect binary lattices were simulated in the Matlab environment using the Simulink block library and programmatically. The simulation results showed that the correlation characteristics of the studied PRSs correspond to the specified values. Recommendations are made for the use of the investigated PRSs in data transmission systems.

In the economic section, calculations of the scientific effect and cost estimates for the master's work are made.

ВВЕДЕНИЕ	6
-----------------------	----------

СОДЕРЖАНИЕ

1.	АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ	8
1.1.	Анализ принципа построения многоканальных систем с кодовым разделением каналов	8
1.2.	Кодовые последовательности в многоканальных системах с КРК	15
2.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ (НА БАЗЕ СОВЕРШЕННЫХ ДВОИЧНЫХ РЕШЕТОК)	18
2.1.	Анализ свойств шумоподобных сигналов	18
2.2.	Анализ основных видов шумоподобных сигналов	19
2.3.	Анализ методов обработки шумоподобных сигналов	22
2.4.	Анализ совершенных двоичных решеток	25
2.5.	Моделирование генераторов ПСП совершенных двоичных решеток С6 и С10 в среде Matlab	32
2.6.	Оценка помехозащищенности совершенных двоичных решеток С6 и С10	39
2.7.	Охрана жизнедеятельности при выполнении магистерской работы	41
2.7.1.	Организация рабочего места	42
2.7.2.	Эргономические требования к рабочему месту	42
3.	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И РАСХОДЫ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА	46
3.1.	Определение научного эффекта	46
3.2.	Расчет сметы затрат на выполнение магистерской работы	46
3.3.	Материальные затраты	47
3.4.	Прямые затраты на оплату труда	48

3.5.	Косвенные затраты	49
3.6.	Общая сумма затрат	52
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
	БИБЛИОГРАФИЯ	57
	АНЕХА	

ВВЕДЕНИЕ

Линия связи в телекоммуникационных систем связи могут обеспечить передачу сигнала в широкой полосе частот (от десятков кГц до десятков МГц в проводных системах и до сотен тысяч МГц в радиосистемах). Ширина спектра первичного электрического сигнала (составляющая от единиц кГц до единиц МГц) намного меньше полосы пропускания линии связи. Если строить одноканальные системы связи, в которых по одной линии связи передавался бы сигнал от одного источника сообщения к одному получателю, то такая система характеризовалась бы крайней неэффективностью.

С целью наиболее эффективного использования линейных сооружений является передача сигналов от нескольких источников сообщений, т.е. создание большого количества независимых каналов в рамках одной системы передачи с образованием многоканальных систем связи [1, 3, 4].

Увеличение числа уплотняемых каналов без увеличения числа физических линий возможно путём наделения сигналов особыми индивидуальными признаками, которые бы приводили к различению уплотняемых каналов с целью их дальнейшего разделения. Такими признаками в общем случае могут быть параметры переносчиков сигналов: амплитуда, частота, фаза в случае непрерывной модуляции, временное положение, длительность или форма импульсов при дискретной модуляции.

В системах с кодовым разделением каналов (КРК) каждому каналу присваивается определённая форма сигнала, которая является отличительным признаком, идентификационным «адресом» данного канала (абонента). В качестве сигналов специфической формы используют шумоподобные сигналы. Шумоподобные сигналы являются детерминированными сигналами, свойства которых (спектральные характеристики) аналогичны характеристикам квазибелого шума. Шумоподобные сигналы относят к классу сложных сигналов. Сложными сигналами называют сигналы, база которых намного больше единицы. База сигнала есть произведение длительности сигнала на ширину его спектра, т.е.

$$B = T_c \times \Delta F_c \gg 1, \quad (1)$$

где $B, T_c, \Delta F_c$ – база, длительность и эффективно передаваемая ширина спектра шумоподобного сигнала соответственно.

Метод широкополосной передачи был открыт К.Е. Шенноном, который первым ввел понятие пропускной способности канала и установил связь между возможностью осуществления безошибочной передачи информации по каналу с заданным отношением сигнал/шум и полосой частот, отведенной для передачи информации. Для любого

заданного отношения сигнал/шум малая частота ошибок при передаче достигается при увеличении полосы частот, отводимой для передачи информации.

Следует отметить, что сама информация может быть введена в широкополосный сигнал несколькими способами. Наиболее известный способ заключается в наложении информации на широкополосную модулирующую кодовую последовательность, которая потом модулируется несущей для получения широкополосного шумоподобного сигнала (ШПС). Узкополосный сигнал умножается на псевдослучайную последовательность (ПСП) с периодом T , состоящую из N бит длительностью τ_0 каждый. В этом случае база ШПС численно равна количеству элементов ПСП.

Этот способ пригоден для любой широкополосной системы, в которой для расширения спектра высокочастотного сигнала применяется цифровая последовательность.

Сущность широкополосной связи состоит в расширении полосы частот сигнала, передаче широкополосного сигнала и выделении из него полезного сигнала путем преобразования спектра принятого широкополосного сигнала в первоначальный спектр информационного сигнала [5, 6].

Прием ШПС, как, впрочем, и любых других сигналов осуществляется с помощью оптимальных приемников, минимизирующих вероятность ошибки. Известно, что структура оптимального приемника зависит от вида модуляции, а также от того, какое количество параметров сигнала известно в точке приема (когерентный или некогерентный прием и т.п.). Однако в любом случае в состав оптимального приемника входит коррелятор или согласованный фильтр и решающее устройство.

Приёмник сравнивает полученную кодовую последовательность с точной ее копией, хранящейся в памяти. Когда он обнаруживает корреляцию между ними, то переходит в режим приема информации, устанавливает синхронизацию и начинает операцию декодирования полезной информации. Любые частичные корреляции могут привести к ложному срабатыванию и нарушению работы приемника, **вот почему кодовая последовательность должна обладать хорошими корреляционными свойствами.**

Кроме того, кодовая последовательность должна быть хорошо сбалансирована, то есть число единиц и нулей в ней должно отличаться не более чем на один символ. Последнее требование важно для исключения постоянной составляющей информационного сигнала.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 348с. УДК 321.39: 621.391.82.
2. Мазурков М.И. Системы широкополосной радиосвязи. – О.: Наука и техника, 2009. – 344с. ISBN: 978-966-8335-95-2.
3. Solomon W. Golomb and Guang Gong. Signal Design for Good Correlation, Cambridge, Cambridge University Press, 2005, 458 p. ISBN: 978-0-51154-690-7.
4. Феер К. Беспроводная цифровая связь, методы модуляции и расширения спектра. Перевод с англ. / Под ред. В.И.Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. ISBN: 5-256-01444-7.
5. Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е., Чеботарев Д.В. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез и обработка —Спб.: Наука и техника, 2005. —400 с. ISBN: 5-94387-158-6.
6. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учеб. Пособие. – М.: Эко-Трендз, 2005 – 392 с. ISBN: 5-88405-071-2.
7. Галкин В.А. Мобильные системы радиосвязи. Часть 1. Радиоканал: Уч. Пособие. – М.: МИЭТ, 2003. -300 с. ISBN: 5-7256-0333-4.
8. Мазурков, М.И. Метод защиты информации на основе совершенных двоичных решеток /М.И. Мазурков, В.Я. Чечельницкий, П. Мурр // Радиоэлектроника (Изв. вузов), 2008 — Т.51, № 11.— С. 53–57. УДК 321.621.82. ISSN: 0021-3470.
9. Мазурков М.И., Чечельницкий В.Я. Свойства полного класса совершенных двоичных решеток на 36 элементов. – М.: Радиоэлектроника, 2004, №6. С. 56-64. УДК 621.37/39. ISSN: 0021-3470.
10. Чечельницкий В.Я., Гересименко М. Ю. Взаимокорреляционные свойства совершенных двоичных решеток эквивалентных классов. – Одесса, Изд-во ОПУ, 2005. С.163-166. УДК 621.391.1.
11. Рахматуллин А.Ф., Сперанский В.С. Сравнительный анализ кодовых последовательностей для СШП сигналов //Т – Comm – Телекоммуникации и транспорт.2012. № 9. ISSN: 2072 - 8735.
12. Т.Шестакова, Г.Сорокин Особенности корреляционных свойств шумоподобных сигналов, The 6thInternational Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics. –Chisinau: Tehnica –UTM, 2018, pp. 194-199. ISBN: 978 -9975–45–540 – 4.

13. POPA, Cristina. Tehnici de modelare și simulare: Aplicații MATLAB / Cristina Popa, Bogdan Doicin. - Ploiești: Editura Universitatii PetrolGaze din Ploiești, 2018. - 161 p; fig., tab. - Bibliogr.: p. 161. ISBN: 978-973-719-729-0.
14. ЗАХАРОВ, С.Г., КАВЕРЗНЕВА, Т.Т. Влияние электромагнитного излучения на жизнедеятельность человека и способы защиты от него. Учебное пособие. – СППТУ, 1992. УДК 577.346(075).
15. GANGAN, Silvia. Analiza eficiențelor economice și științifice în tezele de licență și de master. - Chisinau: Tehnica – UTM, 2019.