

Гаврилов Александр Викторович

Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ».

Email: avgavrilov@rambler.ru.

115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31.

Тел.: 84953239326.

Тихомиров Александр Владимирович

Email: Al.V.Tikhomirov@gmail.com.

123557, г. Москва, ср. Тишинский пер., 16, кв. 18.

Тел.: +79035273776.

Gavrilov Alexander Viktorovich

National Research Nuclear University “МЕРФИ”.

E-mail: avgavrilov@rambler.ru.

31, Kashirskoe sh., Moscow, 115409, Russia.

Phone: +74953239326.

Tikhomirov Alexander Vladimirovich

E-mail: Al.V.Tikhomirov@gmail.com.

16, ap. 18, sr. Tishinskiy per. street, Moscow, 123557, Russia.

Phone: +79035273776.

УДК 621.391

М.И. Дулин

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ
ФУНКЦИЙ УОЛША, НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ LABVIEW**

Рассматриваются вопросы исследования взаимокорреляционных свойств системы функций Уолша. Автором предлагается разработанная в среде LabView 8.2 модель системы связи с когерентным приемом. Оценено влияние на помехоустойчивость системы коррелированности функций Уолша.

Функции Уолша; взаимокорреляционные свойства системы функций Уолша; цифровая связь; ортогональное разделение; вероятность ошибки.

M.I. Dulin

**RESEARCH OF MUTUAL CORRELATION PROPERTIES OF SYSTEM
OF FUNCTIONS WALSH ON BASED MODEL LABVIEW**

Questions of research of mutual correlation properties of system of functions Walsh are considered in article. Developed by the author in the environment of LabView 8.2 model of a communication system with coherent reception is offered. Influence on a noise stability of system of mutual correlation properties of functions Walsh is estimated.

Functions Walsh; mutual correlation properties of system of functions Walsh; digital communication; orthogonal division; probability of an error.

Средства беспроводной связи в последнее время все шире используются в сетях передачи информации, все актуальнее становится дальнейшее повышение скорости и объема передачи данных в таких сетях. Один из способов повышения пропускной способности канала связи, это применение, так называемых, ММО-технологий (Multiple Input – Multiple Output, множественный вход – множественный выход). И, хотя существующие воплощения ММО-идеи пока не всегда заметно ускоряют трафик на небольших расстояниях от точки доступа, уже доказано, что на больших удалениях они весьма эффективны. ММО-принцип позволяет уменьшить число ошибок при радиообмене данными (BER) без снижения ско-

рости передачи в условиях множественных переотражений сигналов. При этом многоэлементные антенные устройства обеспечивают:

- ◆ расширение зоны покрытия радиосигналами и сглаживание в ней мертвых зон;
- ◆ использование нескольких путей распространения сигнала, что повышает вероятность работы по трассам, на которых меньше проблем с замираниями, переотражениями и т.п.;
- ◆ увеличение пропускной способности линий связи за счет формирования физически различных каналов (разделенных пространственно, с помощью ортогональных кодов, частот, поляризационных мод) [1].

Наибольшая трудность сегодня состоит в том, как сделать технологию ММО доступной. Для этого стоимость и алгоритмов обработки сигналов, и радиокомпонентов должна быть в разумных пределах. В работе поставлена задача моделирования системы связи, с использованием ортогональных кодов, и на основе модели исследовать зависимость вероятности ошибки правильного приема сигнала от коэффициента взаимной корреляции применяемых сигналов.

Для моделируемой системы с ортогональным кодированием были выбраны сигналы в виде функций Уолша. Такой выбор был сделан исходя из того, что многоканальные системы передачи данных довольно сложны в аппаратной реализации, поэтому одним из требований, предъявляемых к формирователю ортогональных функций, является простота аппаратной реализации и быстродействие алгоритмов. Данное обстоятельство делает функции Уолша весьма привлекательными для использования в многоканальной системе передачи данных. В то же время, ряд свойств функций Уолша, в частности, взаимокорреляционные, исследованы пока недостаточно.

На основе функциональной схемы формирователя функций Уолша [6] была создана математическая модель формирователя функций Уолша.

Один из наиболее простых вариантов схемы генератора первых восьми функций Уолша основан на выражении:

$$wal(w, \Theta) = \prod_{k=0}^n \left[r_k(\Theta) \right]^{w_{n-k+1} \oplus w_{n-k}}, \quad (1)$$

где $r_k(\Theta)$ – функция Радемахера k -го порядка;

w – номер функции Уолша в десятичной системе счисления;

w_m – m -й разряд представления числа w в двоичной системе счисления.

т.е. на перемножении степеней трех функций Радемахера: $r_1(\Theta)$, $r_2(\Theta)$ и $r_3(\Theta)$.

Функциональная схема генератора приведена на рис. 1.

Были рассчитаны коэффициенты взаимной корреляции для массива функций Уолша:

$$k_s = \frac{1}{E} \int_0^T s_1(t) \cdot s_2(t) dt \leq 1. \quad (2)$$

Результаты расчетов, для первых восьми функций представлены в численном виде (табл. 1) или наглядно в виде трехмерного графика (рис. 2).

Анализ полученных данных, позволяет сделать вывод, что для первых восьми функций Уолша, порядка 50 % пар достаточно хорошо разделяются, при использовании их в качестве основы многоканальной системы передачи данных.

Полученные результаты были использованы в математической модели системы связи, с ортогональным разделением на основе функций Уолша.

Математическая модель была разработана в среде Labview 8.2. Благодаря своему наглядному интерфейсу, данная среда является весьма привлекательной для специалистов в области радиотехники.

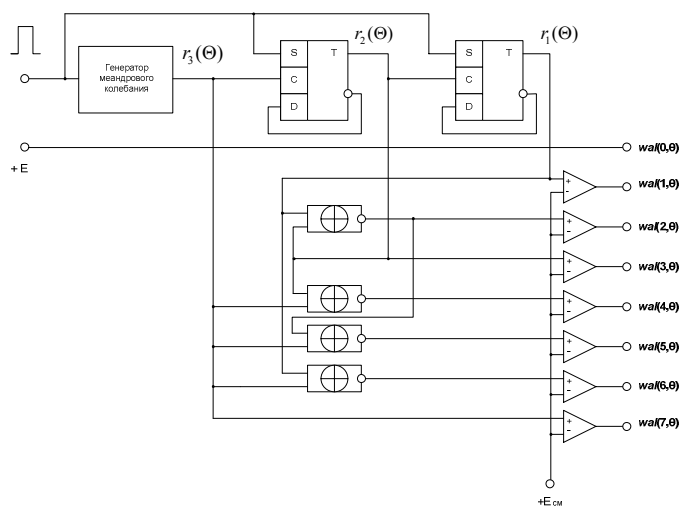


Рис. 1. Функциональная схема генератора функций Уолша

Таблица 1

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	0,5	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125
1	0,5	1	0,75	0,25	0,125	0,375	0,375	0,125
2	0,25	0,75	1	0,5	0,375	0,625	0,375	0,125
3	0,25	0,25	0,5	1	0,875	0,375	0,125	0,125
4	0,125	0,125	0,375	0,875	1	0,5	0,25	0,25
5	0,125	0,375	0,625	0,375	0,5	1	0,75	0,25
6	0,125	0,375	0,375	0,125	0,25	0,75	1	0,5
7	0,125	0,125	0,125	0,125	0,25	0,25	0,5	1

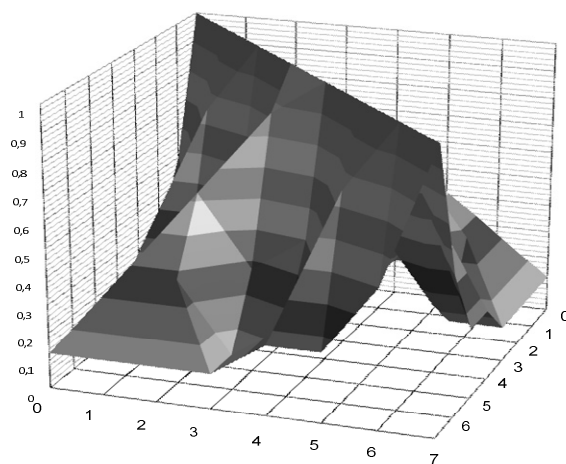


Рис. 2. Взаимокорреляционные свойства функций Уолша. По горизонтальным осям отложены номера функций Уолша (см. табл. 1), по вертикальной оси – значение коэффициента взаимной корреляции

В среде Labview 8.2 смоделирована двоичная система связи с когерентным приемом, использующая ортогональные функции для передачи информации, выбор которых обоснован в [2].

В модели допущено упрощение, а именно реальный канал связи с известными параметрами, заменен фильтром нижних частот первого порядка (RC-цепочка). Источником данных служил сформированный массив, состоящий из сигналов единичной амплитуды с разными знаками (± 1). На рис. 3 изображена структурная схема эксперимента.

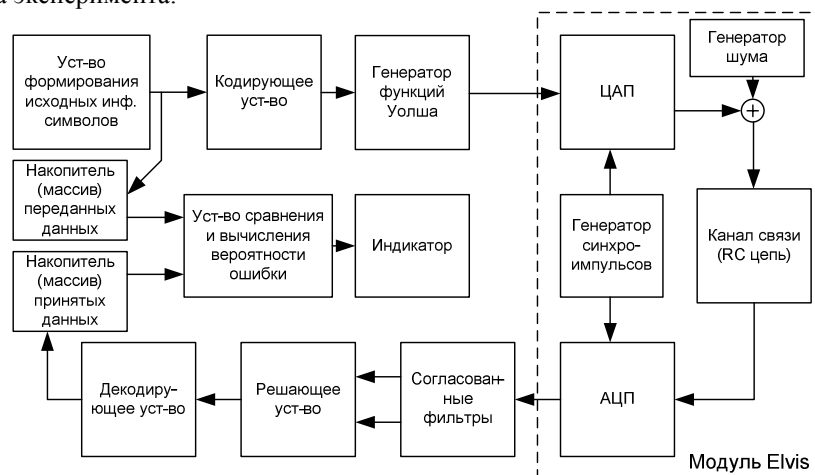


Рис. 3. Структурная схема модели эксперимента

Передача одного информационного символа происходила следующим образом: информационный символ попадает на вход кодирующего устройства, которое в зависимости от значения информационного символа посылает сигнал формирователю функций Уолша на генерирование одного периода функции Уолша, соответствующей данному символу. Сформированный сигнал через виртуальный прибор, осуществляющий связь среды моделирования с аппаратным модулем NI Elvis, попала на вход ЦАП аппаратного модуля Elvis. Затем к данному сигналу добавлялся белый шум (с нормальным гауссовским распределением). С выхода ЦАП аналоговый сигнал в виде суммы функции Уолша и белого шума подавался на вход фильтра нижних частот, в данном случае, имитирующий реальный канал связи (данный процесс подробно описан в [3]), с выхода которого поступал на вход АЦП аппаратного модуля Elvis. После оцифровки сигнала в АЦП, полученные отсчеты обрабатывались двумя согласованными фильтрами, смоделированными в среде Labview (при проектировании фильтров использовался материал, изложенный в [4,5]). Затем показания фильтров вычитались, и при помощи решающего устройства с нулевым порогом принималось решение о том, какая из функций Уолша была принята. Сигнал с решающего устройства попадал на декодер, после чего в массив принятых данных записывалось соответствующее значение информационного символа. Затем, после передачи определенного объема данных исходный массив данных и массив принятых данных сравнивались, и определялось количество неправильно принятых информационных символов, на основе чего вычислялась вероятность ошибки. Когерентность приема обеспечивалась при помощи внутреннего синхрогенератора аппаратного модуля Elvis, который синхронизировал работу АЦП и ЦАП, поэтому возможная рассогласованность задающих генераторов в реальных системах, не учитывалась. На рис. 4 изображен график зависимости вероятности ошибки от отношения сигнал/шум, полученный экспериментальным путем.

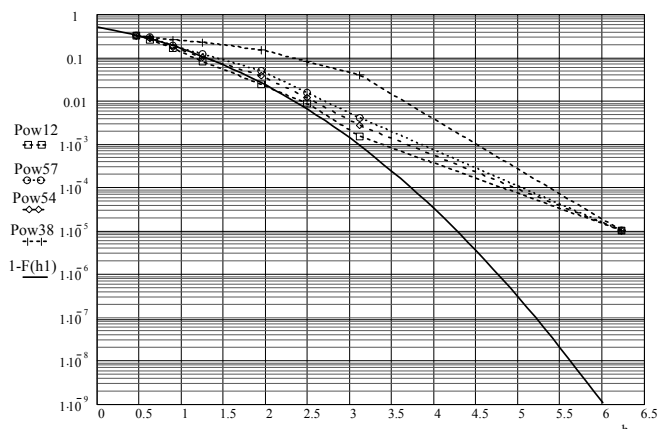


Рис. 4. Вероятность ошибки для различных коэффициентов взаимной корреляции

Вероятность ошибки различения двух сигналов известной формы равна [3]:

$$P_{ош} = 1 - F\left(\sqrt{\frac{E}{N_0}}(1-k)\right), \quad (3)$$

где $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-z^2/2} dz$ – интеграл вероятности,

k – коэффициент взаимной корреляции для выбранной пары сигналов,

$\frac{E}{N_0}$ – отношение сигнал/шум,

E – энергия сигнала,

N_0 – спектральная плотность мощности шума.

На рисунке (см. рис. 4) показаны зависимости вероятности ошибки от соотношения сигнал/шум для пар функций Уолша с различным коэффициентом взаимной корреляции: для пары 1-2 коэффициент взаимной корреляции равен $k=0,75$ (см. рис. 2), для пары 5-4 $k=0,5$; для пары 5 – 7 $k=0,25$ и для пары 3-8 $k=0,0625$. С уменьшением коэффициента взаимной корреляции вероятность ошибки уменьшается, что в общем случае соответствует теоретической зависимости. Начиная со значения коэффициента корреляции $k=0,5$, графики располагаются близко, так что эту величину можно рекомендовать в качестве отправной при выборе пары функций Уолша для применения в системах связи. Анализируя графики можно сделать вывод, что для применения в системах связи лучше выбирать пары функций Уолша с меньшим значением коэффициента взаимной корреляции.

Как видно из графика (см. рис. 4), экспериментальные кривые лежат немного выше теоретической (за исключением некоторых точек), данный факт обусловлен потерей части энергии сигнала при прохождении через RC-фильтр. Особо стоит отметить точку на графике соответствующую вероятности ошибки $P_{ош}=10^{-5}$. Данная величина получена с большой ошибкой, так как максимальное количество переданных информационных символов составило 10^5 . Поэтому этот уровень ошибки был взят как минимальный.

Таким образом, выбор пар функций Уолша в соответствии с таблицей (см. табл. 1) при коэффициенте взаимной корреляции не более 0,5, позволяет получить помехоустойчивость, близкую к потенциальной. При этом приходится увеличивать количество функций базиса Уолша по сравнению с минимально-необходимым, что приводит к дополнительному расширению спектра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Слюсар В.В.* Системы ММО: принципы построения и обработка сигналов // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес.* – 2005. – № 8. – С. 52-58.
2. *Рыжов В.П.* Выбор базиса разложения сигналов на основе критерия минимума среднего риска // *Радиотехника.* – 1983. – № 9. – С. 51-53.
3. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
4. *Лезин Ю.С.* Оптимальные фильтры и накопители импульсных сигналов. – М.: Сов. радио, 1969. – 448 с.
5. *Харкевич А.А.* Борьба с помехами. 3-е издание. – М.: КД Либроком, 2009. – 275 с.
6. *Гоноровский И.С.* Радиотехнические цепи и сигналы. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Дрофа, 2006. – 719 с.

Дулин Михаил Игоревич

Учебный военный центр при федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: tiski@list.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371690.

Dulin Michael Igorevich

The educational military centre at federal state educational institution of the higher vocational training «Southern federal university» in Taganrog.

E-mail: tiski@list.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371690.

УДК 681.03.06

И.Г. Данилов**СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА КАК ОСНОВА
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ**

Рассматриваются основные SOA-технологии и их взаимосвязь с современными облачными и грид системами. Сервис-ориентированная архитектура (SOA) возникла в результате потребности крупных ИТ-предприятий в подходе к созданию крупных корпоративных программных продуктов, основанном на промышленной платформе интеграции с многократным использованием функциональных элементов информационных технологий. Данный подход был адаптирован при реализации таких парадигм распределённого программирования, как грид и облачные вычисления.

Сервис-ориентированная архитектура; веб-сервисы; облачные вычисления; грид-технологии.

I.G. Danilov**SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE AS A BASIS FOR MODERN
DISTRIBUTED SYSTEMS DESIGN**

This paper describes some basic SOA-technologies and theirs relationship with modern cloud and grid systems. Service-oriented architecture (SOA) is the result of large IT companies needs in the approach for creation of large corporate software products, based on industrial integration platform with multiple reusable functional IT-elements. This approach was adopted for the implementation of such distributed programming paradigms, as grid and cloud computing.

Service-oriented architecture; web services; cloud computing; grid computing.