

РАДИОТЕХНИКА, СИСТЕМЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ, АНТЕННЫ И УСТРОЙСТВА СВЧ

УДК: 621.396.669.8

В.В. Зимин

ПСЕВДОГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Исследовано воздействие помехи на работу системы передачи и приема цифровой информации, использующей каналный переносчик в виде функций Уолша и реализующей псевдоголографический способ кодирования. Проведено моделирование работы системы в среде разработки лабораторных виртуальных приборов LabVIEW 7.1 фирмы NATIONAL INSTRUMENTS при различных значениях помеха/сигнал (П/С). Показано, что система работает без потери и искажения передаваемой информации при отношении П/С=1250 (по мощности), что позволяет создавать системы передачи и приема цифровой информации с меньшим потреблением мощности, улучшенными весогабаритными характеристиками, меньшим уровнем излучения, а, следовательно, большей скрытностью передачи, повышенной дальностью действия в условиях сильных помех.

Ключевые слова: помехоустойчивость, цифровая информация, системы радиосвязи, моделирование, виртуальные приборы, отношение помеха/сигнал.

Введение

Современные системы радиосвязи и передачи данных часто работают в условиях воздействия сильных естественных помех, а также активных помех искусственного происхождения. Иногда принципиально важным является сокрытие самого факта передачи данных. Скрытность передачи, в частности, можно обеспечить, если уровень входного сигнала будет намного меньше уровня собственных шумов первого каскада приемного устройства, поскольку в этом случае отношение сигнал/помеха на выходе приемника станет ещё меньше и обнаружить сигнал, скрытый мощной помехой, обычными средствами будет невозможно. Однако для такой передачи система должна обладать весьма высокой помехоустойчивостью и способностью обнаруживать наличие сигнала в смеси при очень большом отношении помеха/сигнал.

1. Псевдоголографическое кодирование

В радиолокации широкое распространение получил голографический способ обработки информации. Сначала получают радиоголограмму объекта, для чего передатчик формирует опорный радиосигнал, используемый для облучения цели. Радиосигнал, отраженный от цели, взаимодействует на приемной стороне с опорным сигналом и обеспечивает формирование радиоголограммы, которую затем превращают в оптическую, после чего производят восстановление изображения путем облучения голограммы плоской когерентной оптической волной. Вследствие этого происходит дифракция падающей волны на интерференционной картине голограммы и образуются мнимое и действительное изображение объекта, которое

фиксируют для дальнейшего использования [1]. Голографическая обработка радиосигналов с использованием высокой разрешающей способности в сочетании с вторичной обработкой позволяет осуществлять эффективную фильтрацию имитирующих помех. Голографические системы обеспечивают лучшую фильтрацию пассивных помех по сравнению с радиолокационными станциями, работающими с непрерывными сигналами. Существуют голографические радиолокационные станции, где реализован указанный принцип [2].

Недостатками голографического способа обработки информации являются большая сложность реализации и высокая стоимость системы. Использование данного способа для передачи и обработки информации требует решения ряда сложных задач. Получение и оцифровка голограммы передаваемого сообщения (например, голограммы документа на бумажном носителе) – многоэтапный и достаточно сложный технический процесс, который занимает много времени. При этом передаваемое сообщение после оцифровки будет иметь большой объем из-за высокого разрешения, которое требуется для получения голограммы. Частота интерференционной картины соизмерима с длиной световой волны, поэтому разрешающая способность фотоматериала должна быть не менее 6000 линий на миллиметр, что составляет более 150000 точек на дюйм. Не меньшее разрешение должно быть и при сканировании голограммы при превращении её в цифровой образ. Изготовление сканирующего устройства с таким разрешением представляет серьезные трудности.

На приемной стороне для восстановления информации требуется получение из цифрового образа аналогового варианта голограммы, физической регистрации голограммы на пластине, восстановления с голограммы изображения и фиксации его на твердом носителе. Система получается сложной и дорогостоящей, однако применяется на практике как у нас в стране, так и за рубежом в голографических РЛС, хотя не для целей передачи информации, а только для её обработки.

Использование уникальных свойств голограммы для передачи цифровой информации представляется перспективным. Отличительной особенностью голограммы является то, что при частичном её разрушении изображение можно восстановить даже из осколка голографической пластины, хотя и с некоторой потерей качества. При голографической передаче цифровых данных это означает, что частичное поражение голограммы помехой не должно приводить к серьезной потере информации. Голограмма обладает высокой помехоустойчивостью. Основой высокой помехоустойчивости голограммы является то, что даже фрагмент голограммы содержит значительную часть информации и поэтому поражение помехой части цифрового образа голограммы почти не приводит к потере информации, поскольку эта информация в неповрежденном виде содержится в других фрагментах цифрового образа и может быть оттуда извлечена.

Однако, учитывая сложности реализации голографического способа передачи и приема цифровой информации, более перспективным представляется использование псевдоголографического способа, сохраняющего положительные качества аналога, но значительно более простого в реализации. Псевдоголографический способ сохраняет удивительные свойства восстановления объекта из осколка голограммы.

Голограмма точечной цели представляет собой зонную решетку Френеля, состоящую из темных и светлых колец. Темные кольца соответствуют пучностям (максимумам) интенсивности интерференционной картины радиоволн, светлые – узлам (минимумам). Голограмму от сложных предметов рассматривают как суперпозицию зонных решеток Френеля, образованных каждой точкой предмета.

Предлагаемый способ передачи и приема цифровой информации не накладывает никаких ограничений на передатчик и приемник, поэтому может применяться с любыми цифровыми приемо-передающими системами. Способ осуществляет дополнительное кодирование информации на передающей стороне, обеспечивающее самовосстановление данных на приемной стороне при её разрушении помехой во время прохождения сигнала по каналу связи. Наибольшая помехоустойчивость получается в том случае, когда передача информации

осуществляется с использованием канального носителя на базе ортогональной системы функций Уолша [3, 4]. Поэтому в дальнейшем, для конкретизации рассмотрения, а также при экспериментальной проверке предлагаемого способа передачи и приема цифровой информации в качестве канального переносчика будет применяться система функций Уолша.

Элементарным информационным объектом будем считать логическую единицу и поэтому для каждой «1» будем строить псевдоголограмму в виде набора колец разного диаметра. Передаваемую цифровую информацию преобразуем в исходную двумерную матрицу, затем введем вспомогательную входную двумерную матрицу одинакового с исходной размера, в которой для каждой «1» исходной матрицы построим набор окружностей с центром в ячейке, где находится рассматриваемая «1». В элементы вспомогательной входной матрицы, по которым проходят окружности, запишем «1», а остальную часть массива обнулим, полученную вспомогательную входную матрицу преобразуем в одномерный массив, который разобьем на цифровые группы и заменим каждую цифровую группу своей гармоникой функции Уолша. На приемной стороне, на интервале продолжительностью в период в смеси сигнал плюс шум определим амплитуды гармоник функций Уолша, найдем максимальную из них и произведем преобразование функции Уолша с максимальной амплитудой в соответствующую цифровую группу, а затем повторим процедуру для последующих временных интервалов. Построим и заполним принятыми данными вспомогательную выходную двумерную матрицу, одинаковую с исходной по размеру. По окружностям из «1» определим их центры, построим выходную двумерную, предварительно обнуленную матрицу, одинаковую с исходной по размеру и запишем в найденные центры «1», а затем преобразуем выходную матрицу в одномерный двоичный массив.

Даже если некоторые цифровые группы будут определены неправильно, что возможно при очень высоком уровне помех, это не приведет к потере передаваемой информации, поскольку данные в предлагаемом способе передачи и приема цифровой информации организованы таким образом, что обладают способностью к самовосстановлению.

Предлагаемое преобразование назовем псевдоголографическим кодированием. Такое кодирование придает информации способность к самовосстановлению. Мы будем определять наличие «1» в той или иной точке выходной матрицы по наличию колец из единиц во вспомогательной выходной матрице с центром в точке расположения искомого бита. С помощью программы распознавания образа окружности, на приемной стороне во вспомогательной выходной матрице определяется наличие окружности определенного радиуса для каждого элемента исходной информационной матрицы. Критерием наличия «1» в передаваемом сообщении в заданной точке исходной матрицы является порог в $D\%$ отношения единиц на заданной окружности к общему количеству двоичных разрядов, расположенных на этой окружности (или её фрагменте, в случае, когда окружность помещается в матрице лишь частично).

Если на указанной окружности находится не менее $D\%$ единиц от общего количества двоичных разрядов на ней, то принимается решение о наличии «1» в той ячейке выходной матрицы, где находится центр окружности. Следовательно, если часть единиц в кольце будет заменена помехой нулями, но оставшееся количество «1» в процентах от общего количества двоичных разрядов в кольце будет больше порога в $D\%$, то будет принято решение о передаче «1». С целью повышения помехоустойчивости для каждой единицы исходного сообщения может быть создано несколько колец разного радиуса с центром в точке расположения передаваемого бита, при этом желательно, чтобы они пересекали все четыре квадранта информационной матрицы. В этом случае, несмотря на поражение одного кольца помехой, остается возможность правильно распознать передаваемую единицу по фрагментам оставшихся колец. Поскольку большинство колец располагается во всех четырех квадрантах матрицы, то даже 100% поражение помехой части переданной матрицы позволит полностью и без ошибок восстановить исходное сообщение по фрагментам колец в других частях матрицы.

Изменение порога $D\%$ позволяет регулировать вероятность правильного обнаружения

распознаваемого бита и определять при этом предельную помехоустойчивость для заданного значения вероятности правильного обнаружения сигнала. Снижение порога $D\%$ приводит к уменьшению вероятности правильного приема, но увеличивает отношение помеха/сигнал, при котором этот порог достигается. Объем передаваемой по каналу вспомогательной матрицы зависит от объема передаваемого сообщения и требуемой помехоустойчивости.

2. Принцип работы системы

Функциональная схема, иллюстрирующая псевдоголографический способ помехоустойчивой передачи и приема цифровой информации, приведена на рис. 1.

Принцип работы системы можно описать следующим образом. В передатчике 1 входной сигнал от источника двоичного сообщения 2 поступает на формирователь исходной матрицы 3, преобразующий цифровое сообщение в исходную двумерную матрицу.

Формирователь вспомогательной входной матрицы 4 для каждого единичного элемента исходной матрицы строит набор окружностей во вспомогательной входной двумерной матрице одинакового с исходной размера с центром в ячейке, где расположена данная «1». При этом в элементы вспомогательной матрицы, по которым проходят окружности, он записывает единицы, а остальную часть массива обнуляет.

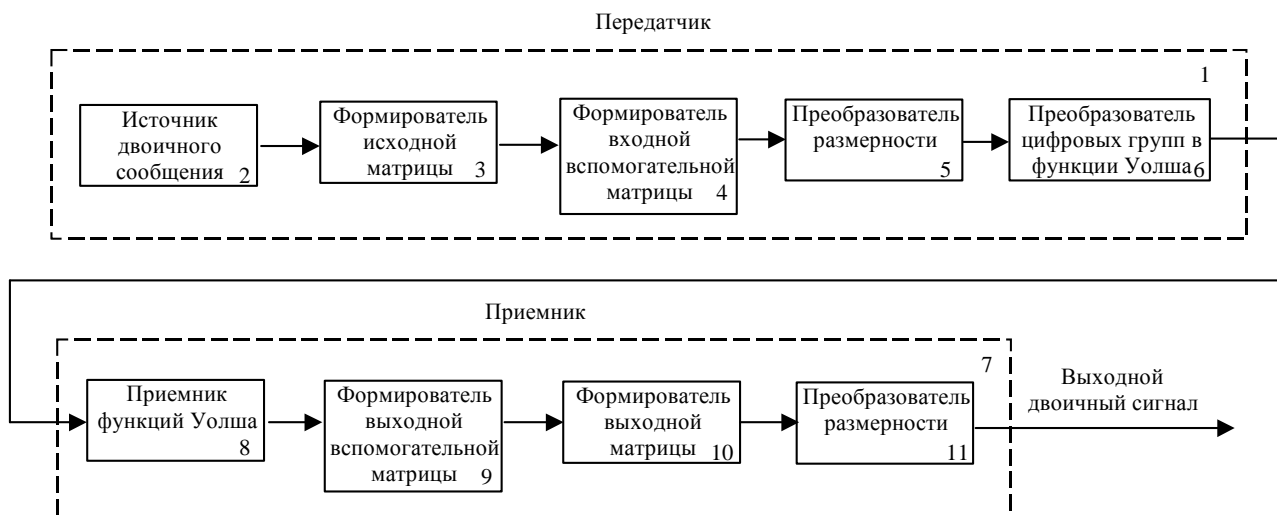


Рис. 1. Функциональная схема системы передачи и приема информации

Преобразователь размерности 5 преобразует полученную матрицу в одномерный массив, поступающий на преобразователь цифровых групп в функции Уолша 6, который делит передаваемое сообщение на двоичные группы и заменяет каждую цифровую группу соответствующей функцией Уолша. В зависимости от режима работы, выходной сигнал в преобразователе цифровых групп в функции Уолша 6 может быть зашумлен с помощью встроенного в него генератора шума. Такой режим может потребоваться для сокрытия самого факта передачи, при этом эффективное значение напряжения смеси может быть меньше уровня собственных шумов первого каскада приемного устройства 7. Большой запас по помехоустойчивости предлагаемого способа позволяет это сделать. Если скрывать факт передачи не требуется, минимизация уровня передаваемого сигнала позволяет уменьшить мощность передатчика и уровень излучения. Генератор шума при этом не используется.

На приемной стороне в приемнике 7 входной сигнал в смеси с шумом поступает на приемник функций Уолша 8, который распознает гармоники функций Уолша и производит преобразование принятых функций Уолша в соответствующие цифровые группы. Цифровые группы поступают на формирователь вспомогательной выходной матрицы 9, который из них строит вспомогательную выходную двумерную матрицу, одинаковую по размеру с исход-

ной. По окружностям из логических «1» формирователь определяет их центры, а затем с помощью формирователя выходной матрицы 10 формирует выходную, предварительно обнуленную двумерную матрицу, одинаковую с исходной по размеру, записывая в найденные центры единицы. Преобразователь размерности 11 преобразует двумерную выходную матрицу в одномерный двоичный массив, который поступает на выход устройства.

Пример формирования псевдоголограммы по исходному цифровому сообщению приведен на рис. 2. Передаваемое сообщение содержит 1024 бита двоичной информации, представленной в виде двумерного массива размерностью 32 на 32 бита. В массиве две единицы, а остальные – нули, которые в методических целях не изображены. Координаты единиц: $A(21,12)$ и $B(12,21)$. Такой массив был выбран сознательно, чтобы не усложнять чертежи дополнительными линиями, затрудняющими изучение работы системы, но не вносящими ничего принципиально нового.

На рис. 2 относительно точек A и B проведены окружности $A1, A2, B1, B2$. Данные окружности представляют псевдоголограмму точек A и B . Окружности проходят по всем квадратам матрицы, позволяя восстановить исходное сообщение даже из фрагмента псевдоголограммы. Окружностей вокруг каждой точки было взято по две для повышения помехоустойчивости системы передачи и приема данных и иллюстрации зависимости помехоустойчивости от количества окружностей.

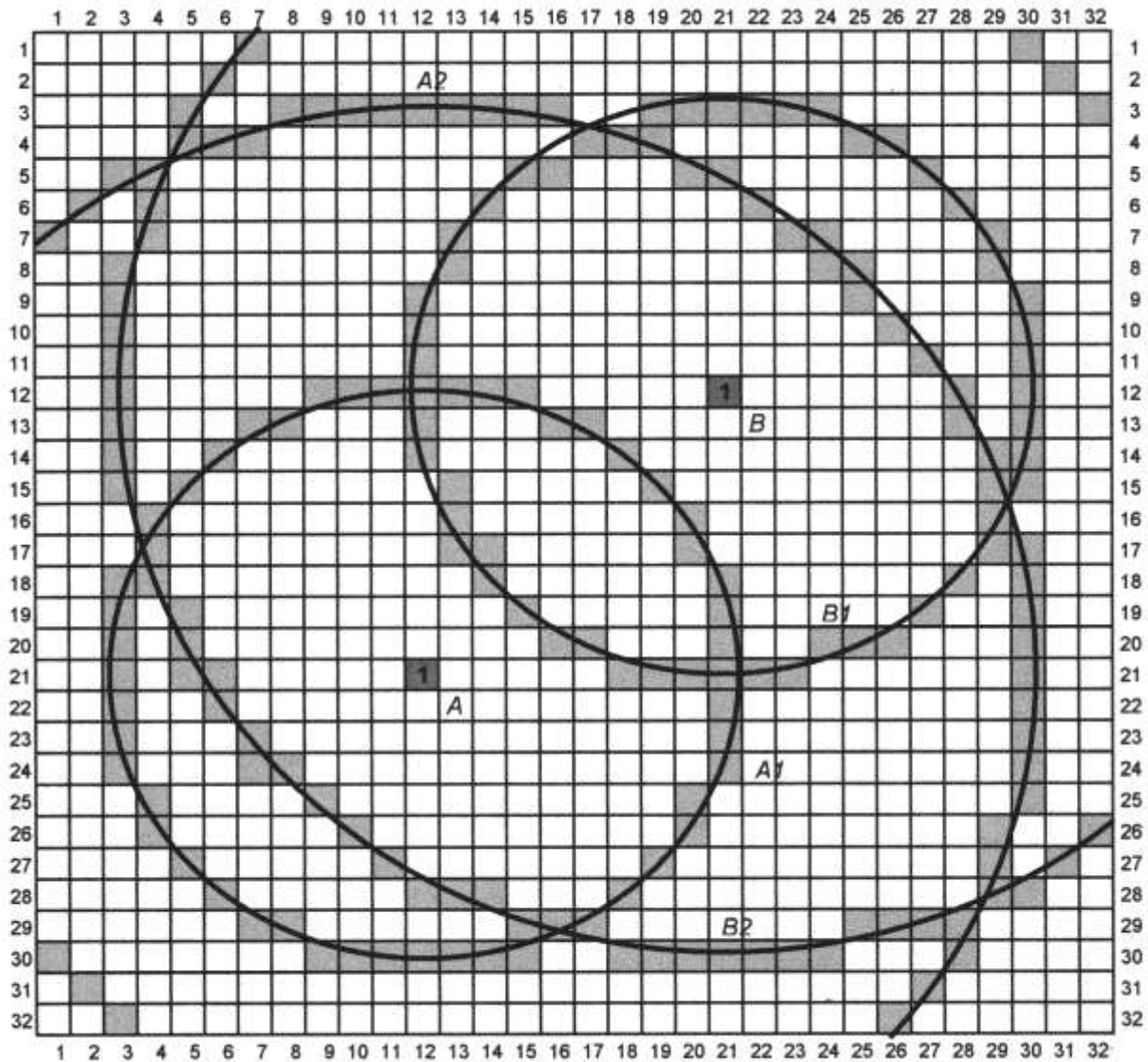


Рис. 2. Формирование псевдоголограммы по исходному цифровому сообщению

Ячейки матрицы, по которым проходят окружности, на рис. 2 выделены серым цветом, что поможет в дальнейшем нагляднее продемонстрировать результаты работы системы при воздействии на неё помехи.

Вспомогательная входная матрица передаваемого сообщения размером 32 на 32 бита изображена на рис. 3. В ячейках, по которым проходят кольца псевдоголограммы, записаны «1», а остальная часть матрицы обнулена. Так строится вспомогательная матрица, совпадающая по размерности с исходной.

При передаче данных по каналу вспомогательная матрица преобразуется в одномерный массив, который разбивается на цифровые группы и каждая цифровая группа преобразуется в соответствующую функцию Уолша. На приемной стороне в смеси сигнал плюс шум определяются гармоники функций Уолша и производится преобразование обнаруженных функций Уолша в соответствующие цифровые группы, которыми и заполняется вспомогательная выходная матрица.

После соответствующей математической обработки вспомогательной выходной матрицы строится выходная матрица, соответствующая передаваемому сообщению. Для удобства дальнейшего использования её превращают в одномерный массив.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32					
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1				
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2				
3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3				
4	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4				
5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5				
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6				
7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	7				
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	8				
9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	9				
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	10				
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	11				
12	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	12			
13	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	13			
14	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	14			
15	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	15			
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	16			
17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	17			
18	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	18			
19	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	19			
20	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	20			
21	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	21		
22	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	22	
23	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	23
24	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	24
25	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	25
26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	26
27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	27
28	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	28
29	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	29
30	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	30
31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	31
32	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	32

Рис. 3. Вспомогательная входная матрица передаваемого сообщения

При большом количестве идущих подряд единиц в исходной матрице возможно полное заполнение единицами значительной части вспомогательной матрицы, что при декодировании может привести к неправильным результатам. Не следует допускать длинных последовательностей единиц, например, путем скремблирования сообщения. Предлагаемый способ передачи и приема цифровых сообщений предполагает передачу данных блоками, причем блок к началу передачи должен быть полностью сформирован. Объем блока выбирается исходя из требуемой производительности и помехоустойчивости системы.

3. Моделирование работы системы

Для проверки полученных теоретических положений способа было проведено моделирование и низкочастотный машинный эксперимент в среде разработки лабораторных виртуальных приборов LabVIEW 7.1 при различных значениях отношения помеха/сигнал. В эксперименте передавались 1024 бита двоичной информации, организованной в виде двумерного массива размерностью 32 на 32 бита (см. рис. 2). В массиве две единицы, а остальные – нули. При построении вспомогательной матрицы, совпадающей по размерности с исходной, в ячейки, по которым проходят окружности, записываем единицы, а в остальные ячейки нули (рис. 3). Вспомогательную матрицу преобразуем в одномерный массив, разбиваем на биграммы (по два бита), каждую биграмму преобразуем в соответствующую функцию Уолша и передаем в канал. В эксперименте были использованы первые четыре функции Уолша в базисе $N=16$. Нулевая гармоника не использовалась, поскольку она имеет постоянную составляющую.

Для имитации прохождения сигнала по каналу передачи данных на функции Уолша накладывается помеха от генератора шума. Используемый в эксперименте шум является флуктуационной аддитивной помехой в виде нормального случайного стационарного процесса с нулевым средним значением и равномерной спектральной плотностью мощности N_0 , т.е. белым шумом. Шум аддитивно накладывается на сигнал в виде одного периода функции Уолша. Длительность генерируемого сигнала и шума равны 1 с, выборки сигнала производятся через 1 мс, поэтому на осциллограмме 1000 отсчетов через 1 мс. Эффективное значение входного напряжения сигнала (функций Уолша) равно 1В, а эффективное значение напряжения шума меняется в соответствии с задаваемым отношением помеха/сигнал.

При моделировании работы системы на приемной стороне формировалась вспомогательная выходная матрица, отображающая прохождение сигнала по каналу с помехами. Приемник был реализован по спектральному методу обработки сигнала [3]. Смесь сигнала с шумом подвергалась разложению в обобщенный ряд Уолша-Фурье по функциям Уолша, где определялась максимальная гармоника спектра по Уолшу. По номеру полученной гармоники генерировалась соответствующая цифровая последовательность из двух двоичных разрядов.

Вспомогательная выходная матрица в эксперименте обрабатывалась вручную, специальная программа распознавания образа окружности не применялась из-за отсутствия в этом необходимости. В передаваемом сообщении было всего две единицы, информацию о которых легко обработать вручную.

Изучение результатов эксперимента при значении отношения помеха/сигнал, по мощности равном 225, показывает, что для точки A на контуре $A1$ сохранилось 89% единиц, на контуре $A2$ – 93%. Аналогично, для точки B на контуре $B1$ сохранилось 85%, а для $B2$ – 74% единиц. Полученные результаты свидетельствуют о том, что система передачи и приема цифровой информации с использованием псевдографического кодирования без труда различает сигнал на фоне помех при отношении П/С=225.

На рис. 4 приведены результаты машинного эксперимента при отношении П/С=1225 по мощности ($u_{\text{сигн. эфф}} = 1\text{В}$, $u_{\text{помехи эфф}} = 35\text{В}$). На отдельных экранах представлены ос-

циллограммы первых четырех функций Уолша, канального шума, самого сигнала и смеси сигнал плюс шум.

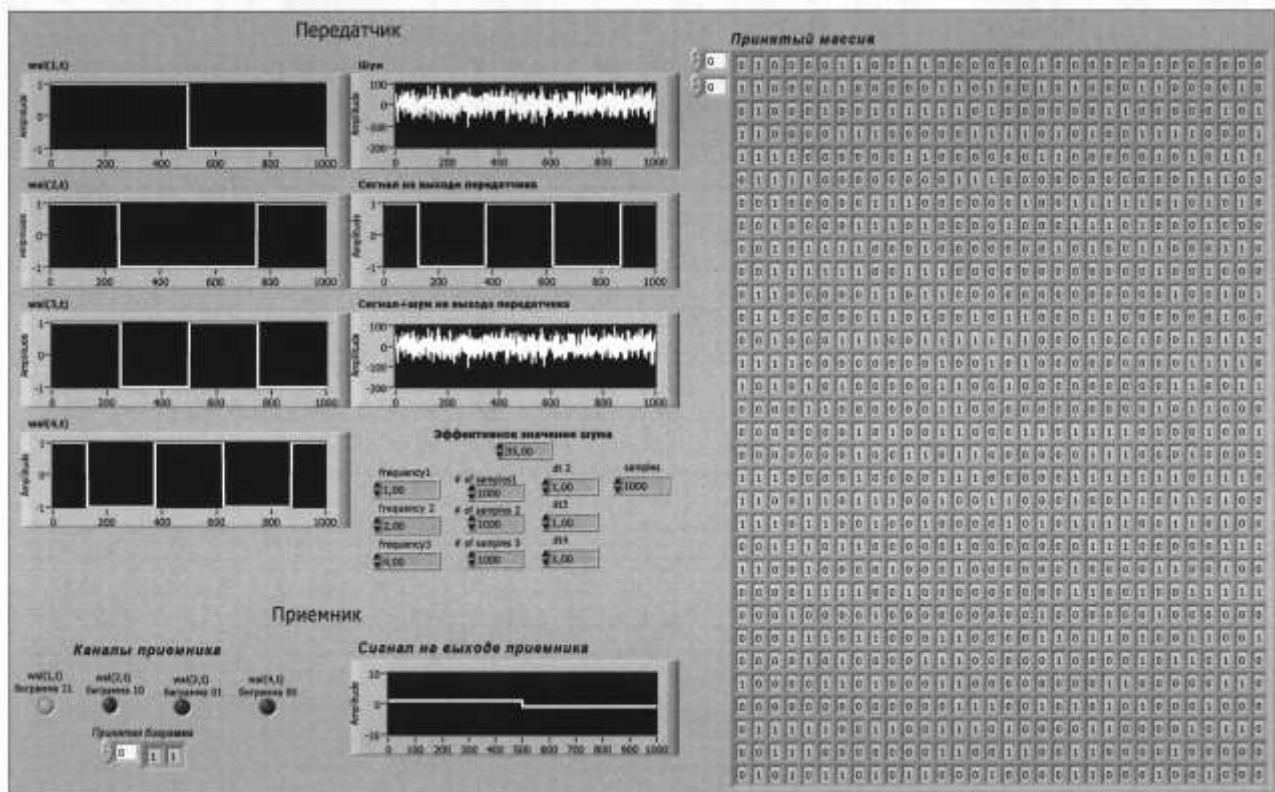


Рис. 4. Результаты машинного эксперимента при отношении П/С=1225

Изучение рисунка показывает, что сигнал на выходе приемника Уолша не совпадает с сигналом на выходе передатчика. При отношении помеха/сигнал равном 1225 приемник Уолша не может без ошибок принимать данные, поэтому необходимо использовать ресурс, предоставляемый псевдоголографическим кодированием, который позволяет восстановить данные, принятые с ошибками. Для этого необходимо подсчитать количество «1» на контуре и разделить его на общее число двоичных символов в кольце.

Результаты расчета следующие: для точки *A* на контуре *A1* сохранилось 56% единиц, на контуре *A2* – 72%. Аналогично, для точки *B* на контуре *B1* сохранилось 62%, а для *B2* - 55% единиц.

Предельное пороговое отношение числа сохранившихся единиц к общему количеству двоичных разрядов в контуре в 50% здесь превышено, что позволяет утверждать, что была передана «1» и в точке *A*, и в точке *B*. Следует также отметить, что результаты расчета для внешнего и внутреннего кольца в рассматриваемых точках сильно различаются, следовательно, начинает проявляться свойство псевдоголограммы, позволяющее восстановить информацию из фрагмента псевдоголограммы. Кроме того, это подтверждает утверждение о том, что для повышения помехоустойчивости нужно увеличивать число контуров для каждой передаваемой «1».

Результаты обработки выходных массивов для разных значений отношения помеха/сигнал приведены на рис. 5.

Здесь: n – число единиц в контуре, а N – общее число двоичных элементов в контуре. Будем считать, что предельным случаем распознавания сигнала на фоне помех является отношение $n/N=50\%$. В силу случайного характера реализаций шума нужно проводить испыта-

ния для каждого отношения П/С многократно, это позволит получить точные значения помехоустойчивости. Однако для оценки помехоустойчивости и подтверждения самого факта высокой помехоустойчивости метода достаточно провести однократное измерение для ряда значений отношения П/С. Моделирование работы системы проводилось для пяти значений отношения помеха/сигнал, два из которых были рассмотрены ранее.

Изучение графиков на рис. 5 показывает, что уверенное распознавание сигнала имеет место до значения отношения П/С=1225.

Процент сохранившихся единиц различается по контурам. Если в одном контуре оно мало, то в другом может оказаться значительно больше, что позволяет обеспечить различение сигнала при более высоком отношении П/С, то есть помехоустойчивость системы зависит от количества контуров для каждой передаваемой единицы. Это наглядно видно, например, при отношении П/С=1225.

Кроме того, видно, что восстановление исходного сигнала возможно и по фрагменту псевдоголограммы.



Рис. 5. Результаты обработки данных моделирования

Система передачи и приема, реализующая предлагаемый способ, может применяться для передачи данных в условиях очень сильных помех как искусственного, так и естественного происхождения, или же для передачи информации при очень низком уровне мощности передатчика для обеспечения скрытности передачи. Предлагаемая система передачи и приема цифровой информации совместима с любыми цифровыми системами приема/передачи и обладает высокой помехоустойчивостью за счет использования псевдоголографического кодирования.

Библиографический список

1. **Максимов, М.В.** Защита от радиопомех / М.В. Максимов. – М.: Сов. радио, 1976.
2. **Кок, У.И.** Голографическая РЛС с синтезированной антенной продольного излучения / У.И. Кок // ТИИЭР. 1970. Т. 58. №11. С. 103-105.

3. **Зимин, В.В.** Распознавание цифровых сигналов на фоне помех / В.В. Зимин // Радиотехника. 2008. № 1. С. 99-104.
4. **Зимин, В.В.** Система цифровой связи на базе функций Уолша / В.В. Зимин // Электросвязь. 2009. № 2. С. 20-24.

*Дата поступления
в редакцию 17.06.2010*

V.V. Zimin

**PSEUDO-HOLOGRAPHIC WAY OF NOISEPROOF TRANSFER
AND RECEPTION OF THE DIGITAL INFORMATION**

Influence of a handicap for work of system of transfer and reception of the digital information using a channel carrier as Walsh functions and realizing a pseudo-holographic way of coding is investigated. Modelling work of system in the environment of development of laboratory virtual devices LabVIEW of 7.1 firms NATIONAL INSTRUMENTS is lead at various values handicap / signal (H/S). It is shown, that the system works without loss and distortion of the transmitted information at $H/S = 1250$ (on capacity), that allows to create systems of transfer and reception of the digital information with smaller consumption of the capacity, improved characteristics, a smaller level of radiation, and, hence, the greater reserve of the transfer raised by range of action in conditions of strong handicapes.

Key words: noise stability, the digital information, systems of a radio communication, modelling, virtual devices, the attitude a handicap / signal.