**Слайд 1**

Возможность использования хаотических сигналов в системах беспроводной передачи информации с расширением спектра привлекает внимание исследователей на протяжении более 30 лет. Первые способы расширения спектра передаваемого сигнала были предложены в середине прошлого столетия, однако не нашли применения из-за сложности, связанной с элементной базой, которая не позволяла реализовать устройства формирования и обработки в приемлемых габаритах. С развитием цифровой электроники такая возможность, все-таки, появилась.

**Слайд 2**

Основное достоинство сигналов с расширенным спектром это высокая помехоустойчивость. Сигнал с выхода передатчика напоминает по своим свойствам белый гауссовский шум. Однако при реализации широкополосных систем связи возникает проблема синхронизации приемного и передающего устройств, для обеспечения когерентной обработки принимаемого сообщения. В работе предложен один из способов синхронизации генераторов псевдослучайной последовательности на приемной и передающей сторонах канала связи.

**Слайд 3**

Цель настоящей работы: используя возможности среды моделирования MatLab, получить численную модель системы связи с псевдослучайной цифровой модуляцией.

Для достижения этой цели необходимо:

1. Разработать алгоритмы работы модулятора и демодулятора, использующие в качестве модулируемого сигнала отсчеты псевдослучайной последовательности
2. Придумать способ синхронизации приемного и передающего устройств
3. Реализовать численную модель полученной системы и проанализировать результаты моделирования ее работы

**Слайд 4**

В настоящее время широко применяются два способа расширения спектра сигнала, первый из которых метод случайной перестройки рабочей частоты. Здесь отсчеты псевдослучайной последовательности управляют синтезатором несущей частоты и изменяют ее в широких пределах. Недостаток в том, что при смене частоты модуляции наблюдаются скачки начальной фазы несущей. Потери на переключения между частотами приводят к низкой скорости передачи, а высокая мощность на каждой из частот может мешать работе других передатчиков.

Второй способ прямого расширения спектра, информационное сообщение модулирует отсчеты псевдослучайной последовательности. В обоих случаях для расширения используются генераторы ПСП. Для когерентной обработки, приемнику необходимо знать по какому закону изменяются отсчеты ПСП. В связи с этим на приемной стороне используется генератор идентичный тому, что использовался в передатчике. Возникает необходимость в синхронизации этих генераторов.

**Слайд 5**

Здесь предложена иллюстрация для способа прямого расширения.

Допустим, есть некоторая информационная последовательность, полоса занимаемая сигналом при передачи такой последовательности определяется скоростью изменения бит. Для расширения спектра необходимо, используя один из видов модуляции включить передаваемую информацию в шумоподобный сигнал, у которого скорость изменения отсчетов в 10 раз превышает скорость изменения бит информационного сообщения. Варьируя таким параметром можно управлять помехоустойчивостью системы связи в широких пределах.

**Слайд 6**

В результате получаем следующую картину, спектр полученного сигнала «размывается» и уровень мощности уходит в область шума, за счет чего сигнал с расширенным спектром трудно обнаружить он обладает высокой энергетической совместимостью с остальными сигналами, при воздействии узкополосной помехи теряется только часть сигнала, остальная часть остается неизменной.

**Слайд 7**

В системе связи с цифровой псевдослучайной модуляцией отношение сигнал/шум на выходе коррелятора в приемном тракте определяется отношением длительности модуляционного символа к масштабу корреляции псевдослучайного модулирующего цифрового сигнала и, как следствие, обратно пропорционально скорости передачи информации, что позволяет варьировать помехоустойчивость такой системы связи в широких пределах.

**Слайд 8**

Основываясь на принципах работы систем связи с прямым расширением спектра, были разработаны алгоритмы для системы связи с ПСП цифровой модуляцией.

Функциональная схема передающего устройства

Дибиты входного информационного сообщения поступают на вход блока 1, и отображаются в одну из 4 точек комплексного созвездия, которое, путем умножения на отсчеты псевдослучайной последовательности генерируемой блоком 2, формирует сигнал с двоичной фазовой модуляцией. Отсчеты действительной и мнимой частей псевдослучайного сигнала генерируемого блоком 2 являются отсчетами белого гауссового шума с нулевым средним и дисперсией . Отсчеты вещественной и мнимой части комплексного шума некоррелированы. Если Ts обозначить время, за которое дибиты входного сообщения остаются неизменными, а Tn время за которое отсчеты ПСП остаются неизменными, то Ts>>Tn.

Блоки, представленные в нижней части схемы и обведенные пунктирной линией, предназначены для передачи сигнального сообщения, обеспечивающего синхронизацию приемного и передающего трактов. Последовательность заранее заданных значений битов сигнального сообщения переводится в биполярную форму, после чего умножается на псевдослучайные отсчеты белого гауссового шума с нулевым средним и дисперсией , генерируемого в блоке 3. Скорость передачи битов сигнального сообщения совпадает со скоростью смены модуляционных символов в блоке 1 и определяется временным интервалом. Скорость генерации отсчетов задается временным интервалом . На выходе сумматора в нижней части схемы формируется комплексный сигнал, вещественная часть которого представляет собой результат модуляции сигнальным сообщением псевдослучайного шума , а мнимая – немодулированные отсчеты , задержанные на n временных интервалов . Величина задержки n является параметром системы связи. Этот сигнал добавляется к результату модуляции псевдослучайной комплексной последовательности модуляционными символами. Результирующая псевдослучайная последовательность переносится в область высоких частот путем умножения на комплексное колебание с частотой . Вещественная часть, сформированного таким образом сигнала является результатом модуляции.

Сформированный в нижней части схемы комплексный сигнал, содержащий сигнальное сообщение, разделяется в блоке 5 на вещественную и мнимую части. Вещественная часть задерживается на n временных интервалов и вместе с мнимой частью подается на вход блока 6, вычисляющего взаимную корреляцию входных сигналов на временном интервале . Знак сигнала на выходе коррелятора полностью определяется значениями битов сигнального сообщения. В блоке 7 производится накопление детектированных битов сигнального сообщения. В момент времени, когда детектируется последний бит сигнального сообщения, блок 7 генерирует сигнал перезапуска генераторов псевдослучайных последовательностей и.

**Слайд 9**

Функциональная схема приемного устройства

**Слайд 10**

При выполнении НИР было проведено моделирование системы радиосвязи с цифровой псевдослучайной модуляцией сигналов. Функциональность разработанной модели полностью соответствует схемам, представленным на рис. 4-5. При моделировании использовались следующие параметры системы:

Кроме того, между моделями передающего и приемного трактов на пути модулированного сигнала вставлялась задержка, имитирующая задержку сигнала в канале связи. Эта задержка обеспечивала начальную асинхронность псевдослучайных значений и в модуляторе и демодуляторе.

**Слайд 11**

На рис. 6 приведен пример осциллограммы, полученной при моделировании системы связи. Осциллограмма 1 представляет развертку во времени значений информационного цифрового сигнала – последовательность восьмиразрядных целых чисел. Осциллограмма 2 – развертка сигнала в синфазном канале приемного тракта на выходе фильтра нижних частот. Как и следовало ожидать, этот сигнал представляет собой белый гауссов шум. Временная развертка значений вещественной и мнимой частей сигнала на выходе блока 8 в приемном тракте представлена осциллограммами 3 и 4 соответственно. На осциллограмме 5 приведена развертка детектированного информационного сигнала.

Полученные при моделировании осциллограммы полностью подтверждают работоспособность предложенной схемы системы связи с псевдослучайной цифровой модуляцией. Несмотря на начальную рассинхронизацию генераторов псевдослучайных цифровых последовательностей в приемном и передающем трактах, после передачи и приема первого сигнального сообщения происходит перезапуск этих генераторов, что обеспечивает успешную демодуляцию сигнала. Это демонстрируется осциллограммами 1 и 5, на которых сигналы совпадают с точностью до временной задержки. Осциллограммы 2, 3, 4 демонстрируют вполне ожидаемый эффект усиления сигнала при корреляционной обработке. Действительно, если амплитуда псевдослучайного модулированного сигнала на осциллограмме 2 не превышает по абсолютной величине значения 4, то на осциллограммах 3 и 4, демонстрирующих временную развертку сигнала на выходе коррелятора, значения колеблются в диапазоне от -100 до 100. Коэффициент усиления полностью определяется величиной отношения и может меняться в широких пределах при задании параметров системы связи.

**Слайд 12**

Синхронизация приемного и передающего устройств в системе связи с псевдослучайной цифровой модуляцией возможна за счет взаимной некоррелированности разных псевдослучайных последовательностей, что позволяет реализовать одновременную передачу по каналу связи сигнального (синхронизирующего) и информационного сообщений, без взаимного влияния.

**Слайд 13**

Выводы

**Слайд 14**

Результаты проделанной работы были представлены на следующих научных конференциях.