**Слайд 2**

Системы беспроводной передачи информации с расширением спектра обладают высокой помехоустойчивостью, а так же хорошей защищенностью канала связи. В работе предложен способ расширения спектра, который заключается в непосредственной модуляции ПСП битами информационного сообщения. Чтобы принять сообщение приемник должен знать отсчеты этой последовательности. Появляется проблема синхронизации генераторов ПСП на приемной и передающих сторонах. В работе предложен один из способов решения этой проблемы.

**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 существующих системах передачи информации, для расширения спектра используются двоичные M-последовательности. В стандарте IEEE 802.11 в качестве кодовой последовательности используется 11-ти элементный код Баркера, который складывается по модулю 2 с каждым битом информации. В результате спектр сигнала расширяется в 11 раз.

В нашем случае для расширения спектра используются отсчеты ПСП с нулевым средним и дисперсией , которые модулируются с использованием двоичной фазовой модуляции битами информационного сообщения. Т.е. в отличии от существующих способов, отсчеты ПСП равномерно распределены на интервале от до , Такое решение позволяет значительно повысить защищенность канала связи.

**Слайд 5**

Суть предложенного метода в следующем, допустим, имеется последовательность битов информационного сообщения, для защищенной от помех передачи необходимо каждый из имеющихся бит представить в виде последовательности отсчетов ПСП. Чем выше количество отсчетов ПСП на бит сообщения, тем выше помехоустойчивость передаваемого сигнала. Для включения информации в отсчеты ПСП используем двоичную фазовую манипуляцию. Пара бит информационного сообщения отображается в одну из точек комплексного созвездия. Таким образом, сдвиги фаз моделируемого сигнала имеют значения ,,, Результат модуляции представляет собой комплексный сигнал, вещественная и мнимая части которого по свойствам напоминают белый гауссовский шум, и обладают высокими корреляционными свойствами.

**Слайд 6**

Если сравнить между собой спектральные мощности исходного информационного сигнала и модулированной ПСП, то можно увидеть следующее, мощность полученного модулированного сигнала размывается по всей отведенной полосе частот, а уровень 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**

Таким образом, сформулируем первое защищаемое положение:

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**

Для когерентного приема и последующего декодирования бита информационного сообщения на приемной стороне необходимо иметь отсчеты ПСП, которые использовались при его модуляции. Так как неизвестно время прохождения сигналом расстояния от передатчика до приемника возникает проблема в синхронизации генераторов. Для решения этой проблемы предложено параллельно с информацией передавать сигнальное сообщение, которое представляет собой последовательность заранее известных бит. Прием последнего бита этой последовательности сигнализирует о перезапуске генераторов.

**Слайд 9**

Рассмотрим функциональную схему передатчика, здесь верхняя часть до сумматора представляет собой формирователь шумоподобного сигнала с двоичной фазовой модуляцией. Блоки, представленные в нижней части схемы и обведенные пунктирной линией используются для передачи сигнального сообщения. Здесь биты сигнального сообщения переводятся в биполярную форму и умножаются на отсчеты ПСП генерируемые блоком 3, результат является вещественной частью комплексного числа, мнимая часть которого содержит в себе отсчеты ПСП того же генератора задержанные на n временных отчетов, n параметр системы. Значение, получаемое на выходе сумматора в нижней части прибавляется к шумоподобному сигналу с двоичной фазовой модуляцией. 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 , n параметр системы, 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 10**

Перейдем к функциональной схеме приемного устройства. Здесь модулированный высокочастотный сигнал умножением на синфазную и квадратурную составляющие несущего колебания и фильтрацией фильтрами нижних частот (блоки 2 и 3 на схеме) переносится на нулевую частоту. Синфазная компонента задерживается на *n* временных интервалов и совместно с квадратурной компонентой поступает на вход блока 4. В этом блоке вычисляется взаимная корреляция входных сигналов, знак сигнала на выходе коррелятора 4 полностью определяется значениями бит сигнального сообщения. Значения бит сигнального сообщения накапливаются в блоке 5, который по приему последнего бита сигнального сообщения генерирует сигнал перезапуска генераторов псевдослучайных последовательностей в блоке 6. В блоке 7 из последовательности значений синфазной и квадратурной составляющих на выходах фильтров низких частот формируется комплексный сигнал, подающийся на вход коррелятора 8. Знак вещественной и мнимой части отсчетов сигнала на выходе коррелятора полностью определяется значениями информационного сообщения. В блоке 9 производится отображение точек созвездия в значения дибитов информационного сообщения.

**Слайд 11**

При выполнении НИР было проведено моделирование системы связи в среде MatLab/Simulink. 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 вставлялся блок задержки, имитирующий задержку сигнала в канале связи. Эта задержка обеспечивала начальную асинхронность псевдослучайных значений и в модуляторе и демодуляторе.

**Слайд 12**

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 13**

Синхронизация приемного и передающего устройства 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 сообщения, без взаимного влияния.

**Слайд 14**

Выводы

**Слайд 15**

Результаты проделанной работы были представлены на следующих научных конференциях.