

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РАЗНЕСЕННОГО ПРИЕМА СИГНАЛОВ

Габдуллин Рустем Бахытович

студент

Омский государственный технический университет, г. Омск

Аннотация. Рассмотрен эффект замирания сигнала, и, как следствие, явление многолучевости. Обоснована целесообразность использования технологии разнесенного приема сигналов в условиях замираний. Изложены основополагающие принципы построения антенных систем подобной технологии, приведены некоторые рекомендации по организации таких систем.

Ключевые слова: приемник, сигнал, фаза, антенна, чувствительность.

Среда распространения сигнала имеет в своем составе различные объекты, от которых радиоволны отражаются. Вследствие этого на антенну приемной стороны приходит одновременно ряд сигналов – сигнал прямого распространения и набор сигналов отраженных. Происходит эффект многолучевости. Многолучевость, в свою очередь, порождает замирание сигнала, то есть изменение амплитуды и фазы результирующего сигнала.

Итоговый сигнал со стороны входа приемного устройства представляет собой сумму целого ряда сигналов. Эти сигналы разнятся уровнем, временной задержкой и фазой. Такой сигнал будет поврежден (если лучи будут противофазные) или усилен (при синфазности ряда сигналов). При многолучевости имеет место временная утрата связи –из-за краткосрочного преобладания уровня помехи над предельным уровнем соотношения «сигнал-шум» и разности фаз получаемых сигналов. Вышеназванные факторы указывают на потребность в применении специальных средств аппаратного и программного типа, которые предоставляли бы возможность сведения такого вредного явления, как замирание сигнала (фединга), до минимума.

Для борьбы с замираниями вместо увеличения мощности передатчика можно воспользоваться более сложными методами модуляции и приема, менее чувствительными к замираниям или существенно снижающими их влияние [1]. Среди этих методов наиболее известным является разнесенный прием.

Смысл разнесенного приема состоит в том, что он сокращает динамический диапазон флуктуаций отношения «сигнал-шум». Решение о переданном сообщении принимается на основе рассмотрения нескольких принятых копий сигнала, разнесенных в пространстве, во времени, по частоте и ряду других параметров. Данные сигналы отличны друг от друга в следствие разнесения характером искажений [2].

Рисунок 1 дает некоторое представление о явлении фединга. Рисунок демонстрирует распространение прямого и отраженного лучей сигнала.

Данные лучи независимо друг от друга приходят в точку приема с задержкой различного уровня (разной фазой) и различной амплитудой. Предугадать раньше времени показатели задержки и разность амплитуд – задача не столь достижимая.

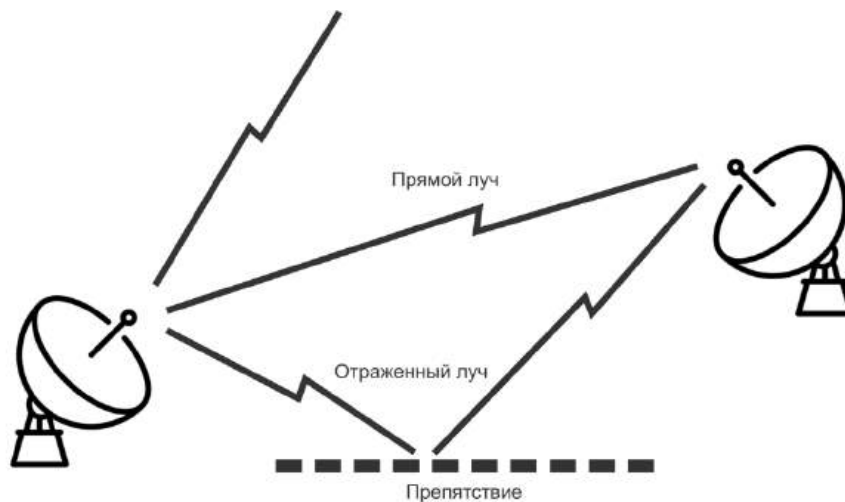


Рисунок 1. Распространение двух лучей сигнала

Результирующий сигнал может, как усиливаться, так и ослабляться, если амплитуды и фазы сигналов не равны. Однако он не будет равен нулю. В случае если ход задержанного луча будет сводиться к $\lambda/2$ длины волны (разность фаз при этом будет равняться 180°), то итоговый сигнал будет довольно ослаблен. Если же разность амплитуд противофазных сигналов на приемной стороне не столь велика, то вполне вероятно, что несущая будет подавлена почти в полной степени. При равных амплитудах противофазных сигналов следует ожидать нулевой результат векторного сложения сигналов. При синфазности сигналов – итоговый сигнал усиливается.

В реальных условиях имеют место, как правило, не два, а в значительной степени большее количество путей распространения сигнала. Ход распространения сигнала от источника к приемнику обуславливается положением источника и приемника на местности и присутствием или отсутствием отражающих радиоволны объектов.

Можно прийти к выводу, что ход распространения лучей сигнала перестраивается при том или ином передвижении объектов на местности.

Разнесенный прием сводит к минимуму явление фединга. Он довольно часто применяется при организации радиолиний вида «точка-точка». Технология такого приема предполагает применение двух (в некоторых случаях и более) антенн и приемников.

Принцип функционирования системы разнесенного приема (рисунок 2) не замысловат: если антенны дислоцированы на разных позициях, то и сдвиг фаз между прямым и отраженным

сигналами различен. Вероятность одновременного прихода в противофазе прямого и отраженного сигнала на две антенны, пренебрежимо мала.

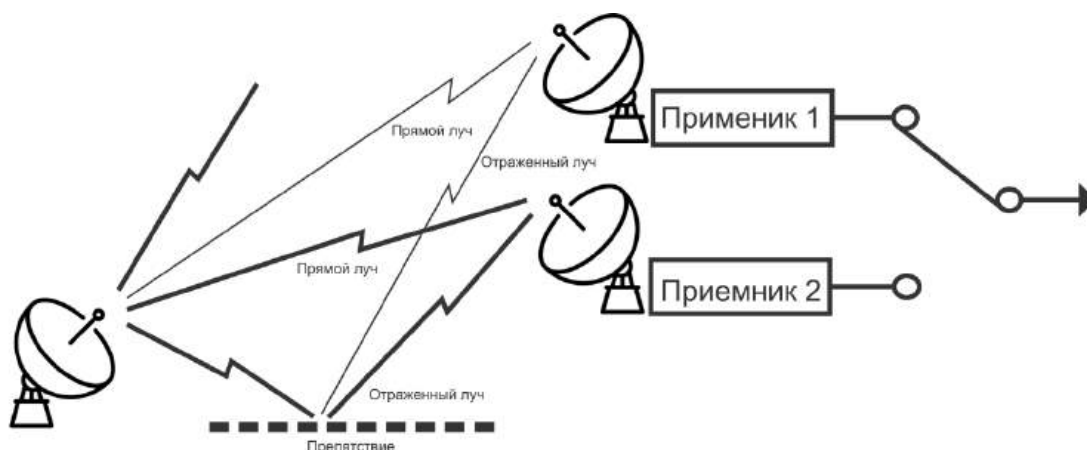


Рисунок 2. Система разнесенного приема

Система предполагает применение двух когерентных приемников и двух независимых антенн. Разнос антенн должен принимать значение не менее двух длин волн. Для принимаемых сигналов в трактах приема необходимо подстраивать фазы, далее – суммировать эти сигналы. Подстройка фазы способствует получению более качественного итогового сигнала. Применение автоподстройки фазы сигнала, который принимается от антенны, сопоставимо с применением направленной антенны.

Чаще всего в радиолиниях не соблюдается баланс уровней принимаемого сигнала во всякого рода направлениях передачи по причине:

- наличия разницы мощностей передающих устройств (от 10 до 20 Вт от базовой станции, от 1 до 5 Вт от портативного терминала);
- работы базовой станции в среде повышенного уровня шума (из-за размещения антенны станции на существенной возвышенности происходит прием паразитных сигналов от источников шума);
- наличия побочных излучений в области установки антенны приемной стороны.

Расположение базовых станций на возвышенностях обуславливается определенной задачей – увеличить область радио покрытия.

В современном мире использование технологий цифровой обработки сигналов (ЦОС) является довольно значимым пунктом в проектировании различных систем передачи данных. Процессор обработки сигналов способен скорректировать фазу обрабатываемого сигнала благодаря элементарным алгоритмам. После того, как сигналы приемных трактов будут скорректированы, происходит сложение таковых сигналов с целью добычи вектора большей амплитуды. По истечении операции суммирования выполняется демодуляция. Радиоприемники сплошь и рядом задействуют цифровые процессоры обработки сигналов в роли средств

демодуляции.

Демодуляция сигнала – нелинейный процесс. Такой процесс имеет место в случае превышения определенной пороговой величины соотношения «сигнал-шум». Процесс демодуляции осуществляется посредством использования математических операций над входным сигналом, который является дискретизированным. Сигнал, приходящий от антенн, усиливается и фильтруется двумя когерентными трактами приема. Выходной демодулированный сигнал проявляется по итогу в векторном формате.

Как уже было сказано, ЦОС имеет возможность складывать сигналы с определенной корректировкой их фазы. Данная последовательность действий именуется программной реализацией разнесенного приема (ПРРП). ПРРП сопоставима с электронной регулировкой диаграммы направленности антенны.

По итогу цифровой обработки можно выделить следующие пункты [3]:

- происходит повышение коэффициента усиления антенны;
- наблюдается автоматическое, динамическое преобразование диаграммы направленности антенны (направление максимума диаграммы направленности - на источник сигнала);
- накладываются затухания для сигналов, которые приходят с других направлений.

Суммарный эффект применения алгоритма ПРРП дает возможность значительно повлиять на эффект снижения чувствительности приемников базовых станций. На деле технология ПРРП считается более эффективной, чем система с переключением на оптимальный канал разнесенного приема, продемонстрированная на рисунке 2. Ведь в зависимости от механизма переключателя имеет место образование в приемном тракте явления кратковременного пропадания сигнала. Переключение приемных трактов может осуществляться слишком часто.

Также, кроме реализации алгоритма разнесенного приема, следует рассказать об особенностях проектировки таковой антенной системы. Установка антенны разнесенного приема - достаточно простой процесс. Стандартная схема антенно-комбайнерной системы приведена на рисунке 3.

В физическом плане расстояние разноса антенн основного канала приема и канала разнесенного приема должно составлять не менее двух длин волн (для диапазона ультравысоких частот – не менее четырех метров). Изоляция же между антеннами, которые разнесены по вертикали, составит примерно 40 дБ.

Особых запросов к конструкции антенны канала разнесенного приема не предъявляется. Такая антенна должна работать только лишь на прием. Предостаточно использовать обыкновенную дипольную антенну. Основная антенна будет подсоединяться к приемнику и передатчику через дуплексный фильтр. Антенна канала разнесенного приема подсоединяется к

приемнику с помощью режекторного фильтра. Удовлетворительным показателем ослабления сигнала передатчика (достигается без особых проблем) является значение 40 дБ и более.

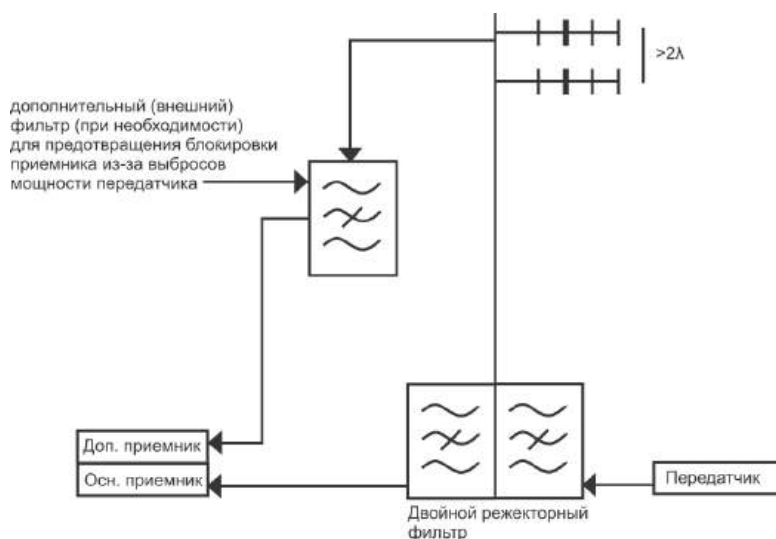


Рисунок 3. Стандартная схема антенно-комбайнерной системы

Применение вышеуказанной схемы способствует минимизации потери мощности в передающих трактах и оптимизации работы трактов приема.

Для систем с двумя каналами ретрансляции, вполне применима антенно-комбайнерная схема, показанная на рисунке 4.

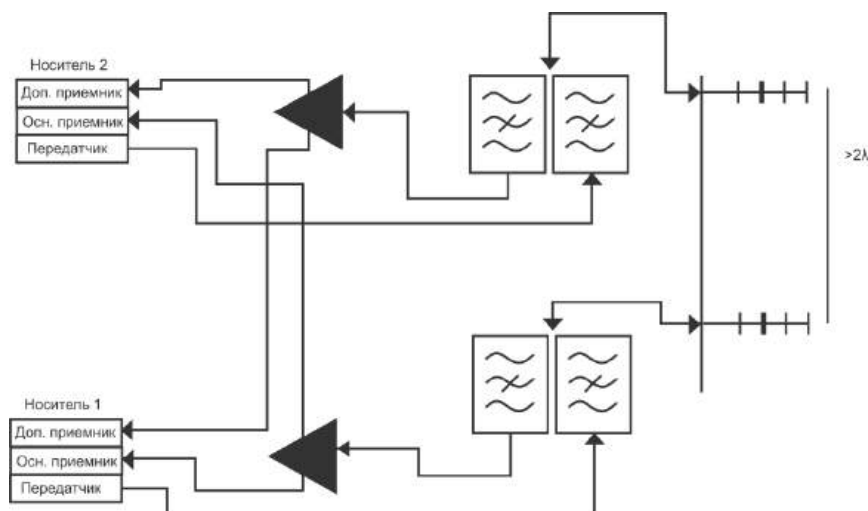


Рисунок 4. Антенно-комбайнерная схема при двух каналах ретрансляции

Такие вариации организации антенно-комбайнерных устройств можно предложить и для систем с большим числом радиоканалов.

Итак, подводя итоги ко всему вышесказанному, можно сказать, что для цифровой модуляции применение разнесенного приема – требование весьма важное. Организация приемного радиочастотного тракта с применением алгоритмов разнесенного приема оказалось на практике стандартным решением для большого количества цифровых технологий: «TETRA», «GSM», «GPRS», «UMTS», «WiFi», «WiMax» [4]. Применение PPPP технологии способствует

достаточно значительному улучшению качества работы радиосетей в условиях фединга. Также стоит отметить, что использование систем разнесенного приема позволяет эффективно бороться с эффектами, типичными для декаметровых каналов связи, на дальностях, характеризующихся как зоны молчания. В целом, разнесенный прием позволяет существенным образом улучшить характеристики помехоустойчивости приема и надежность цифровых систем радиосвязи.

Список литературы:

1. Фокин Г. А. Принципы и технологии цифровой связи. Основы расчетов: учебное пособие – СПбГУТ, 2014. – С.151
2. Копысов А.Н., Климов И.З., Тюлькин М.В. Исследование алгоритмов разнесенного приема частотно-временных сигналов декаметрового диапазона // Интеллектуальные системы в производстве, периодический научно-теоретический журнал Ижевского государственного технического университета. – № 2. – 2010. – С.9-16
3. Алибек А. О. Исследования вопросов применения многоантенных устройств в системах мобильной радиосвязи 4-го поколения: магистерская диссертация: 11.04.02 / А. О. Алибек; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций; науч. рук.: В. Ю. Бабков. — [Электронный ресурс] — Санкт-Петербург, 2016. — С. 47
4. В. Ф. Солодовник, А. В. Воробьев — Системы подвижной радиосвязи– Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2014. – С. 142