



Теория и практика построения пейджинговых систем с режимом синхронного вещания

Докладчик: Козин Владимир Владимирович, руководитель проекта фирмы “Комплексные системы связи”
email: kozin@ccsystems.msk.ru

Для расширения зоны охвата в системах персонального радиовызова могут использоваться два принципиально различных метода организации вещания (рис.1):

- режим многозонового вещания в режиме разделения времени (сообщения повторяются передатчиками в неперекрывающихся зонах);
- режим синхронного вещания (сообщения однократно передаются в эфир всеми передатчиками системы одновременно).

Для реализации режима многозонового вещания с разделением времени, как правило, достаточно трех зон. Наиболее экономичное техническое решение состоит в использовании сети эхо-репитеров. В этом случае отпадает необходимость в выделенных каналах связи с удаленными передатчиками и система становится полностью автономной. Так, по оценкам группы маркетинга компании “Комплексные системы связи” при использовании оборудования компании удельная стоимость инфраструктуры такой системы может составить около \$3/кв.км.

Метод многозонового вещания хорошо зарекомендовал себя на практике, но ему присущи определенные недостатки. Основной недостаток состоит в том, что снижается пропускная способность радиоканала. Кроме того, возникает дополнительная задержка поступления информации на пейджер абонента, связанная с распространением сообщения по цепи репитеров. Работа систем может прерываться, если один из репитеров выходит из строя.

Данный метод организации вещания можно рекомендовать в тех случаях, когда число абонентов в системе и нагрузка невелики, что характерно для систем, эксплуатируемых в регионах России. Системы требуют тщательного планирования зон и их циклограмм, при этом управляющий пейджинговый терминал должен поддерживать специальный режим пакетирования сообщений.

Системы с режимом синхронного вещания (Simulcast-системы) не ограничивают пропускную способность радиоканала, определяемую используемым эфирным протоколом. Передача сообщений в синхронной системе осуществляется сетью пространственно разнесенных передатчиков. Номинальные значения несущих частот передатчиков выбираются в пределах отведенного частотного канала (как правило, шириной 25 кГц), при этом часто используется фиксированный разнос несущих в пределах десятка-сотни Гц. Сигналы модуляции, формируемые различными передатчиками, согласованы между собой.

В процессе эксплуатации номинальные значения несущих частот и девиаций могут самопроизвольно изменяться. Точность синхронизации сигналов модуляции и формирования излучаемых в эфир сигналов ограничена.

Прием сообщений в системе осуществляется приемником абонента (пейджером). В зоне перекрытия в синхронной системе приемник принимает одновременно сигналы от нескольких передатчиков и из-за интерференции (сложения сигналов) может наблюдаться ухудшение качества приема сообщений. Количественной мерой может служить частота возникновения ошибок при фиксированном уровне помех.

Таким образом, на вход приемника поступает смесь полезных сигналов узкополосной ЧМ. Мгновенные частоты сигналов и их фазы различны в силу некогерентности несущих, а также из-за задержек распространения и наличия переотражений. Интенсивности сигналов также зависят от пространственных координат приемника по отношению к системе передатчиков.

В технической документации и описании стандартов приводятся различные, иногда противоречивые рекомендации, связанные с выбором разноса частот, стабильности несущей частоты и точности установки девиации, а также допустимой несинхронности формирования сигнала модуляции. В данном докладе приводятся теоретические и практические оценки качества приема сообщений в синхронных системах, формулируются и обосновываются требования к техническим средствам систем и рассматриваются варианты их построения. Вводится интегральный параметр для оценки качества системы.

Для теоретического анализа приемник (пейджер) представлен в виде блок-схемы приведенной на рис. 2. Сигналы и шум (помехи) линейно и когерентно суммируются в антенном тракте приемника. Приемный тракт моделируется как последовательно включенные широкополосный преселектор, за которым следует узкополосный усилитель ПЧ (или НЧ в случае приемника с прямым преобразованием) с ограничением. Сигнал с выхода ограничивающего усилителя поступает на вход частотного дискриминатора и после демодуляции дополнительно ограничивается и поступает на вход обнаружителя, который восстанавливает принимаемые цифровые данные.

Предполагается, что приемник реализует близкий к оптимальному последетекторный алгоритм обработки сигналов при посимвольном приеме. Анализируется вид сигналов (случайных процессов) в различных точках блок-схемы (рис. 3). В итоге в стационарном случае отношение сигнал/шум на входе приемника при заданных амплитудах полезных сигналов может быть пересчитано в отношении сигнал/шум на входе обнаружителя (согласованного фильтра), что дает возможность оценить частоту ошибок и связать ее с разносом несущих частот передатчиков и несинхронностью формирования сигналов модуляции.

Для того, чтобы учесть дополнительные факторы, связанные с нестационарностью исследуемых процессов при передаче случайных данных, наличия предмодуляционного фильтра в передатчике, многоуровневой модуляции и корректирующей способности используемых схем помехозащищенного кодирования, было проведено математическое моделирование сквозного тракта синхронной системы. Конечная цель состояла в получении оценки вероятности ошибки при приеме сообщения фиксированной длины при заданной интенсивности полезных сигналов в присутствии нормального шума и импульсных помех.

При заданной модели распространения радиоволн строится пространственная картина для вероятности ошибки при приеме сообщения (рис. 4,5), которая учитывает взаимодействие сигналов отдельных передатчиков, что позволяет оптимально выбрать мощности передатчиков и разносы частот. При известной картине распределения абонентов (которая численно выражается в количестве абонентов на кв.км в заданной

точке) можно дополнительно ввести интегральный параметр качества системы. Появляется также возможность дополнительно оптимизировать систему за счет динамического управления зонами перекрытия.

На основании результатов моделирования можно сделать следующие выводы:

- при фиксированном разносе несущих частот и одинаковых девиациях максимальный выигрыш (снижение частоты ошибок при приеме в зоне перекрытия) в случае двухуровневой модуляции получается при величине разноса в Гц, равной (или кратной) скорости передачи в бит/с;
- при низких значениях скорости передачи в случае двухуровневой модуляции (например, при использовании протокола POCSAG512/1200) допустима относительная долговременная стабильность установки несущей частоты порядка 10^{-6} и значения девиации в десятки Гц, что позволяет использовать в ряде случаев аналоговые станции для систем начального уровня. Допустимые отклонения сигналов модуляции и передаваемых в эфир сигналов могут составлять десятки микросекунд, что позволяет использовать простые схемы для компенсации задержек в каналах связи;
- при переходе к более высоким скоростям и синхронным протоколам (например, при переходе к протоколу FLEX1600/3200/6400) требуется относительная стабильность порядка 10^{-7} и наличие предмодуляционного фильтра с нормированными характеристиками. Схема формирования сигнала модуляции должна обеспечивать точность порядка единиц микросекунд.

Сформулированные выше требования учитывались в полной мере при разработке технических средств, поставляемых компанией «Комплексные системы связи». В заключении доклада рассматриваются типовые варианты построения систем с режимом синхронного вещания на базе обустройства, предлагаемого компанией.

Иллюстрации к докладу

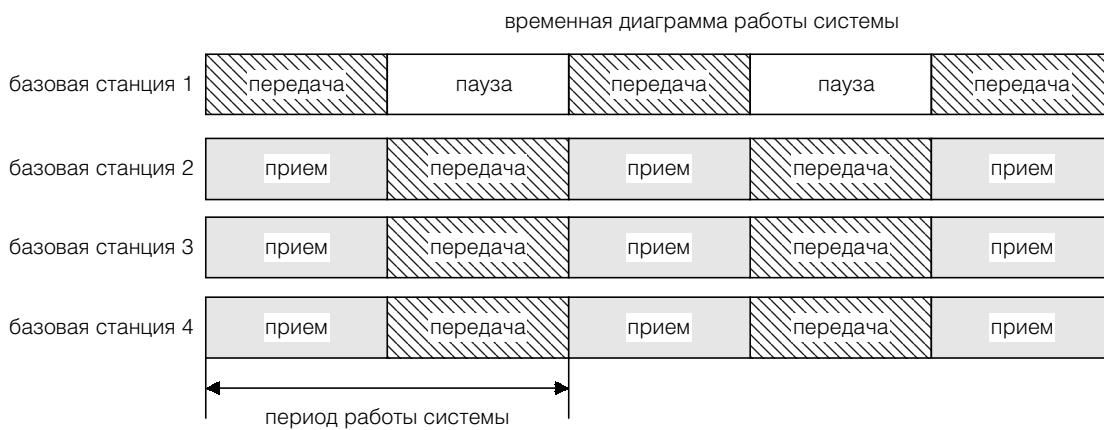
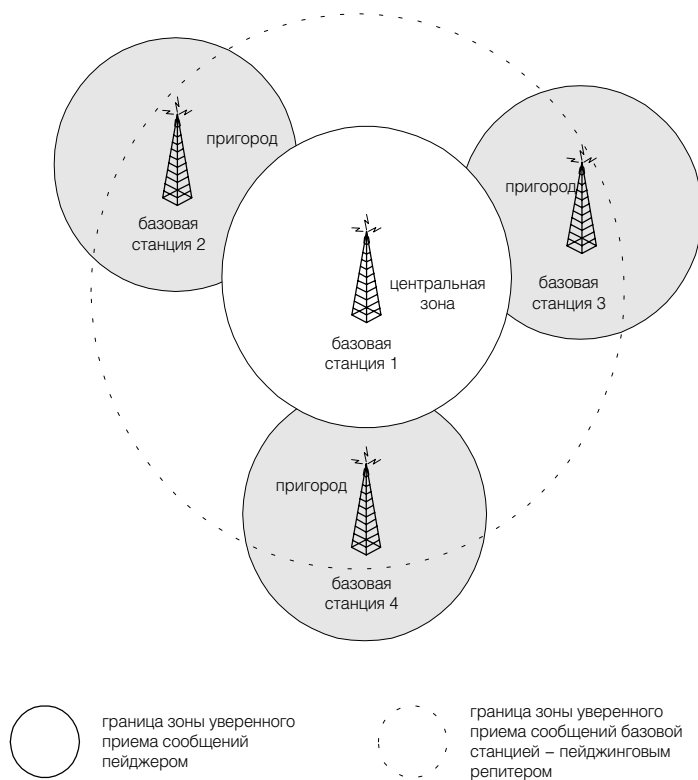


Рис.1 Методы организации вещания

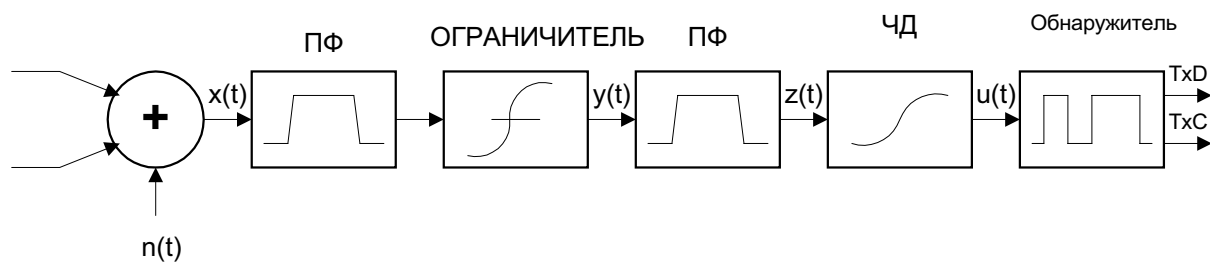


Рис 2. Блок-схема приемника

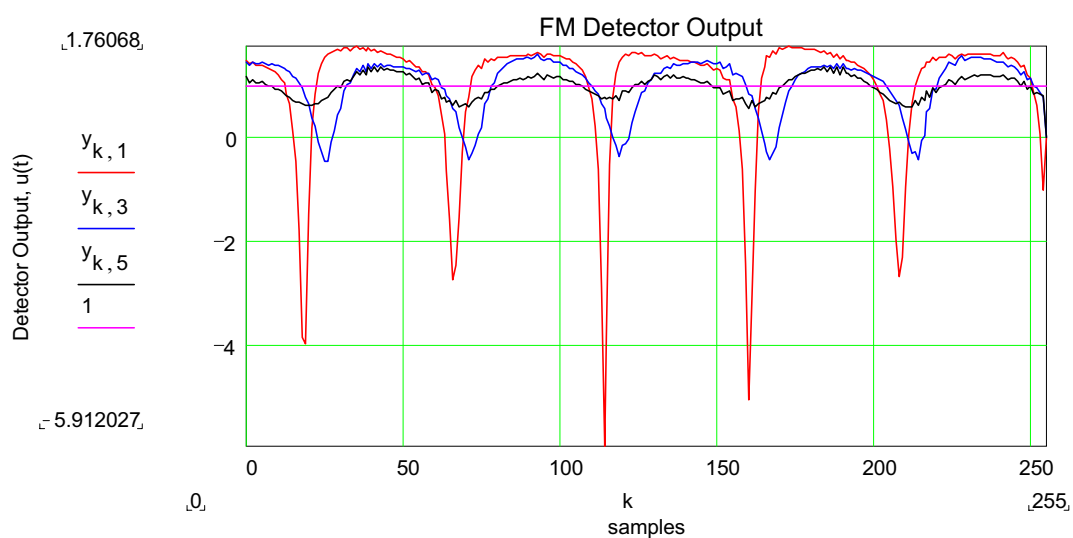
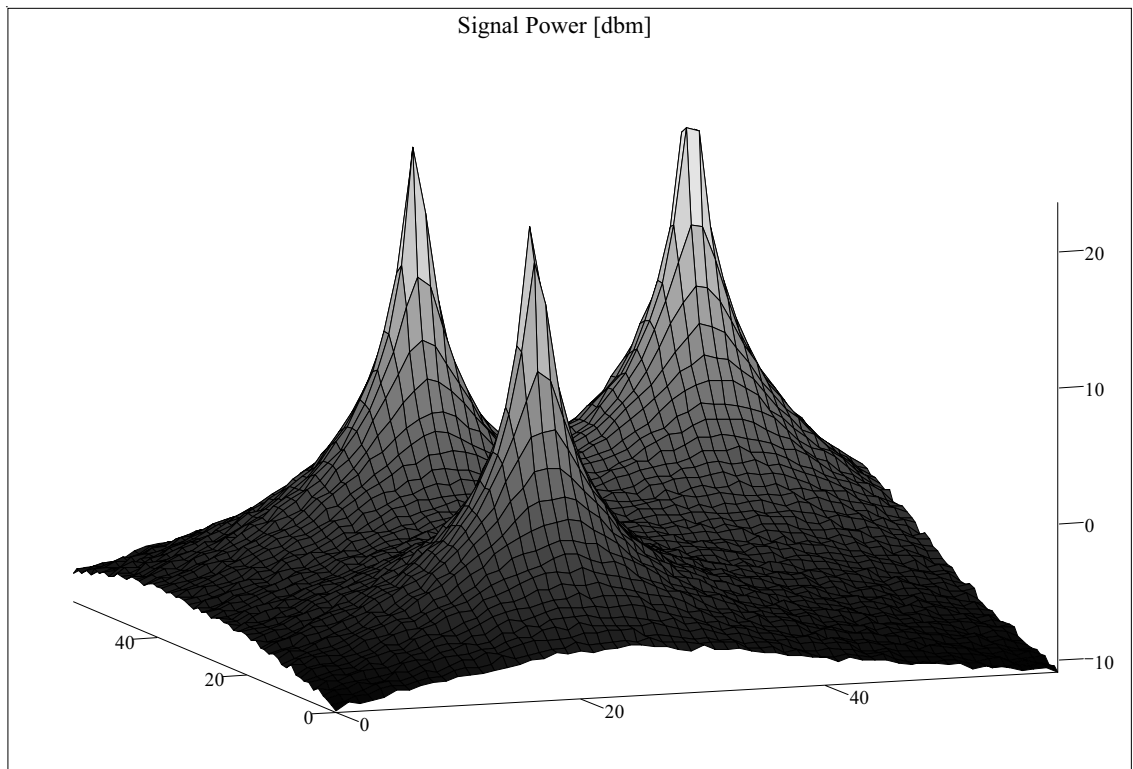
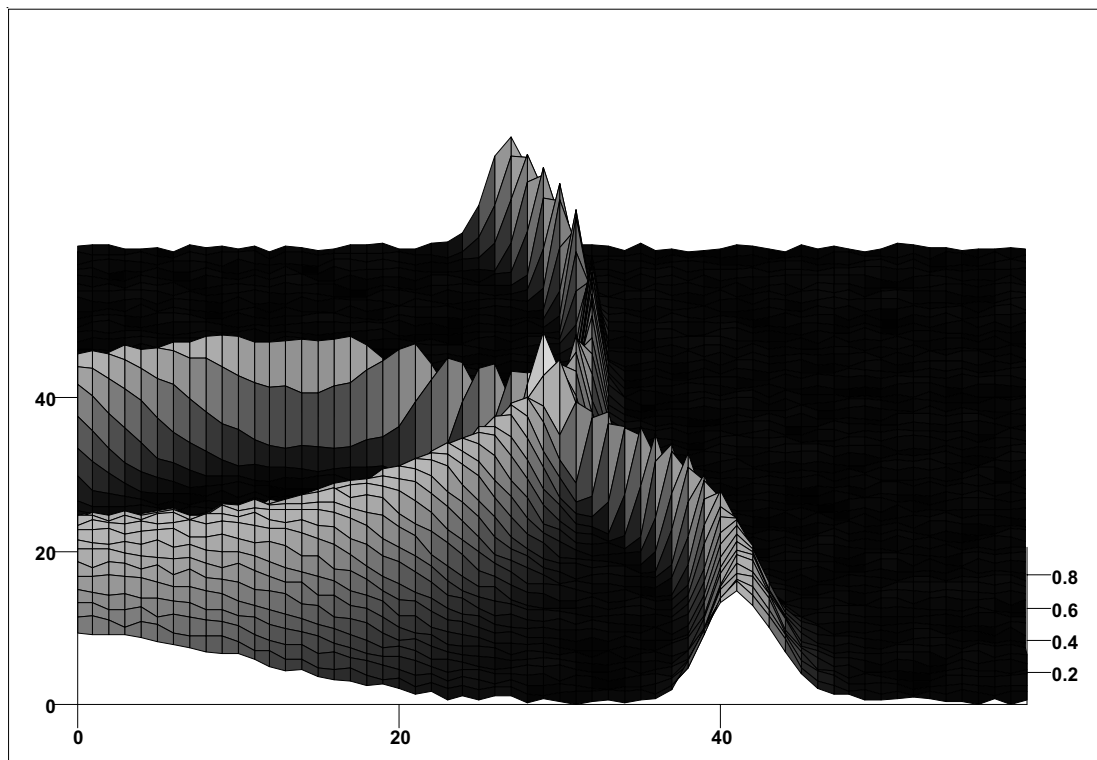


Рис.3 Сигнал на выходе частотного детектора



P

Рис. 4 Распределение мощности передатчиков



X-Y Coordinates [miles]

Рис.5 Вероятность ошибок при приеме