

случае DPSK. Окончательно сгладить внеполосные выбросы помогает фильтр Гаусса. Формирование сигнала GMSK в достаточной мере описано в соответствующей литературе, например в [6].

Таким образом, эффективность использования полосы пропускания схемой MSK, как и любой другой схемой модуляции без разрыва фазы, достигается за счет сглаживания сигнала во временной области. Вместе с тем, этот же механизм приводит к проявлению эффекта сглаживания символьных переходов. По этой причине, при использовании метода модуляции MSK сложно различить последствия ошибки фазы несущей и ошибки символьной синхронизации.

Результаты исследования представлены на рис. 5. За основу сравнения взяты результаты, полученные впервые в [9] для каналов с медленными релеевскими замираниями.

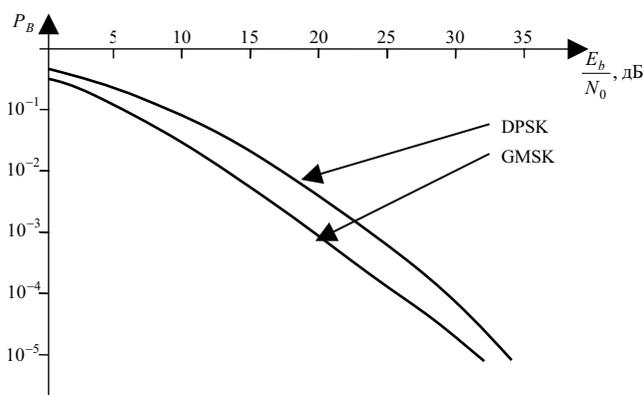


Рис. 5. Вероятность ошибки при двоичной передаче символов с применением PSK и MSK по каналу с медленными релеевскими замираниями

Вывод

Таким образом, в результате машинного эксперимента показано, что использование модуляции MSK, по сравнению с PSK, позволит добиться приемлемого для восстановления значения би-

товой ошибки при меньшем отношении сигнал/шум. Энергетический выигрыш составил 5 дБ при $P_B = 10^{-4}$. За счет более плотно сформированного спектра сигнала, модулированного без разрыва фазы, появляется возможность разместить большее число парциальных сигналов системы OFDM на том же участке спектра. Вместе с тем, была выявлена проблема восстановления синхронизации сигнала на приеме, при использовании методов модуляции без разрыва фазы, например, GMSK, в каналах с быстрыми частотно-селективными замираниями.

Литература

1. Рихтер С.Г., Цифровое радиовещание. М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 352 с.
2. Wittrock Claus. Transmission: Establishing a digital COFDM Transmission Network // *Protelevision Technologies*. №2, 1999. – С. 45-52.
3. Шихатов А.И. Цифровое радиовещание // *Broadcasting*. №4, 2002. – С. 23-25.
4. Performance analysis in COFDM system over frequency-selective fading channels [Электронный ресурс]: *Global Telecommunications Conference / Jun Zheng, Scott L. Miller, 2001*. – Текст на экр. на англ. языке.
5. Скляр Б., Цифровое радиовещание. М.: ИД «Вильямс», 2003. – 1104 с.
6. Феер К. Цифровые виды модуляции. М.: Радио и связь, 2001. – 360 с.
7. Шутов С.Л., Иванов А.П., Жуков С.В., Кашлов В.В. Имитатор коротковолнового канала // *Сб. тезисов III МК DSPA-2000*. СПб, 2001. – С. 56-58.
8. Гусейнов Т.А., Тяжев А.И. Оценка взаимного влияния сигналов цифрового и аналогового радиовещания в канале с аддитивным белым гауссовым шумом от плотности упаковки спектров // *ИКТ*. Т.4, №1, 2007. – С. 68-72.
9. Proakis J.G. *Digital Communications*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1983. – 890 p.

УДК 621.396.96

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РАДИОСРЕДСТВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОПОДНЯТОЙ АНТЕННЫ

Прошечкина Н.В.

В статье исследуется возможность повышения точности местоопределения в сетях сотовой связи стандарта GSM путем использования высокоподнятой приемной антенны. Рассмотрена модель распространения сигнала для стандарта связи GSM, проведено компьютерное моделирование и доказано повышение точности систем пеленга при подъеме приемной антенны.

Введение

Задача позиционирования мобильных телефонов и других радиосредств нацелена на осуществление автоматического определения их местоположения в пределах сотовых сетей и зоны действия радиосредств.

Широкое применение систем связи с подвижными объектами в интересах различных организаций

и отдельных лиц, являющихся объектами оперативной заинтересованности различных ведомств, входящих в систему обеспечения безопасности РФ и осуществляющих разведку и оперативно-розыскную деятельность [1], определяет необходимость анализа ССПО диапазона ОВЧ-УВЧ как достаточно ценного источника оперативной информации.

Имеется возможность реализации систем позиционирования, основанных на классических методах радиопеленгации – угломерном, дальномерном, разностно-дальномерном и т.д. Такие системы пеленга не требуют видоизменения всей структуры сети и являются экономически выгодными. Однако эти методы являются малоэффективными (имеют большую погрешность) в условиях плотной городской застройки. В условиях мегаполиса при плотной городской застройке всегда имеет место многолучевой прием, при котором на БС может приходиться как прямой радиосигнал, так и отраженный от стен домов и других объектов. В связи с этим амплитуда сигналов, угол их прихода и, следовательно, значение расстояния от мобильной станции до базовой станции, а, следовательно, и фактические координаты определяются либо с большой погрешностью, либо их определение вообще невозможно.

Основные понятия и определения

Распространение радиоволн в условиях многолучевости характеризуется тремя частично самостоятельными эффектами, известными как замирания из-за многолучевости распространения, затенение (или экранирование) и потери при распространении. Интересующие нас в рамках данной статьи замирания из-за многолучевости описываются через замирания огибающей (независящие от частоты изменения амплитуды), доплеровское рассеяние (селективный во времени, или меняющийся во времени, случайный фазовый шум) и временное рассеяние (изменяющиеся во времени длины трасс распространения отраженных сигналов вызывают временные изменения самих сигналов) [2].

Теоретически показано [3], что огибающая принятого флуктуирующего сигнала имеет релеевское распределение, когда число падающих плоских волн со случайным направлением прихода достаточно велико и среди них отсутствует заведомо доминирующая составляющая трассы прямой видимости.

Изменениям огибающей сигнала во времени вследствие случайных замираний сопутствуют случайные изменения фазы, которые, в свою очередь, вызывают появление шума из-за случайной

частотной модуляции (ЧМ). Ширина спектра шума случайной ЧМ в полосе модулирующих частот равна удвоенному максимальному доплеровскому рассеянию или удвоенной максимальной доплеровской частоте [2].

Основной для систем позиционирования негативный эффект – замирания из-за многолучевости распространения может быть существенно уменьшен при использовании высокоподнятой приемной антенны. Под высокоподнятой антенной понимается антенная система, поднятая с помощью аэростата на высоту много большую высоты среднего уровня крыш.

Модель многолучевого распространения радиоволн

Для стандарта GSM была разработана специальная модель распространения сигнала. Структурная схема модели приведена на рис.1, ее описание приведено в [4]. На этой схеме каждый отвод представляет сигнал с релеевскими замираниями, который может быть смоделирован устройством, структурная схема которого приведена на рис. 2.

В системе GSM специфицировано до 12 отводов, при этом в сумматоре складываются сигналы с различной амплитудой, фазой и временем рассеяния, а также с сигналом помехи в виде аддитивного белого (гауссовского) шума, то есть

$$R_{\Sigma} = \left[\sum_{i=0}^{11} R_i e^{j(\omega t + \varphi_i)} e^{-j\omega \tau_i} \right] + R_A,$$

где R_i – амплитуда огибающей высокочастотного сигнала, φ_i – его фаза, τ_i – время рассеяния огибающей сигнала, R_A – белый гауссовский шум.

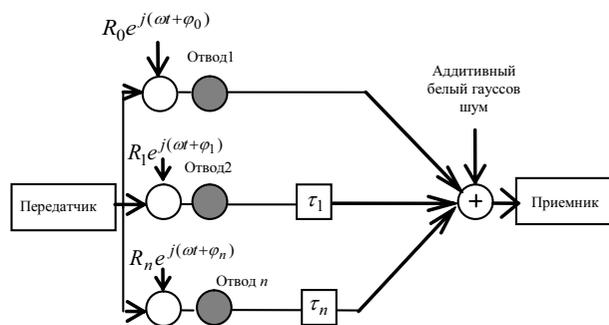


Рис. 1. Структурная схема реализации многоотводного имитатора релеевских / райсовских замираний

В имитаторе GSM, показанном на рис. 1, для каждого отвода определяются условия распространения электромагнитных волн на трассе не прямой видимости с амплитудами, распреде-

ленными по закону Релея, меняющимися в соответствии с доплеровским спектром.

Для систем GSM специфицированы четыре вида доплеровских спектров, которые используются для моделирования и испытаний систем GSM [2].

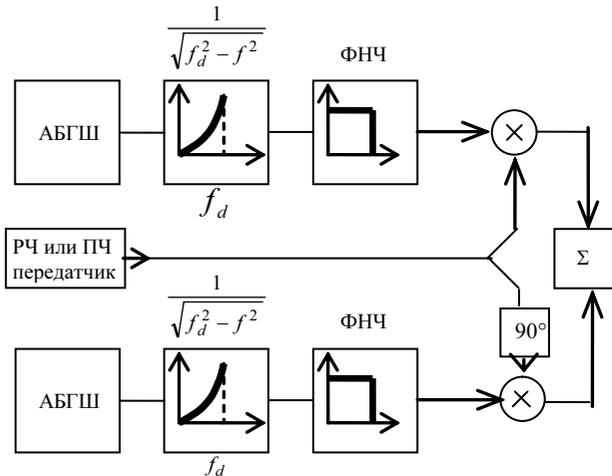


Рис. 2. Имитатор релейских замираний

Компьютерное моделирование имитатора релейских замираний

Для доказательства повышения точности позиционирования при использовании ВПА было проведено компьютерное моделирование имитатора релейских замираний, представленного на рис. 2.

Для моделирования был выбран классический доплеровский спектр CLASS, который может использоваться для трасс с задержками, не превышающими 500 нс:

$$S(f) = A / \sqrt{1 - (f/f_D)^2} \text{ для } f \in [-f_D, f_D],$$

где

$$A(f_0, h_b, h_{ms}) = 69.55 + 26.16 \times \lg(f_0/f) - 13.82 \lg h_b/h_0 - a(h_{ms}/h_0) \quad (1)$$

– потери из формулы Окумуры, $f_D = \nu f_0/c$ – доплеровский сдвиг частоты, f_0 – несущая частота высокочастотного сигнала, f – текущая частота, h_b и h_{ms} – высоты подъема антенн базовой и мобильной станции соответственно, $a(h_{ms}/h_0)$ – параметр, $h_0 = 1$ м, значения f в МГц.

Было сформировано два канала белого гауссовского шума (БГШ). Сигнал с выхода формирователя БГШ одного из каналов показан на рис. 3. Далее, согласно рис. 2, следует спектральное преобразование вида $\frac{1}{\sqrt{f_d^2 - f^2}}$ и фильтр нижних

частот, что при моделировании было заменено последовательным соединением трехзвенного рекурсивного фильтра нижних частот второго порядка и дифференциатора первого порядка. Амплитудно-частотная характеристика последовательно соединенных цифровых блоков представлена на рис. 4.

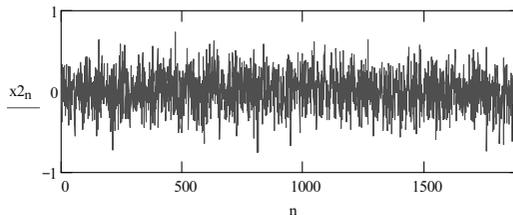


Рис. 3. Формирование БГШ второго канала

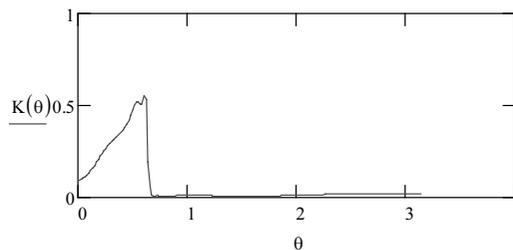


Рис. 4. АЧХ последовательно соединенных ФНЧ и дифференциатора

Далее сигналы обоих каналов были умножены на (1). График зависимости функции потерь при распространении от высоты приемной антенны показан на рис. 5.

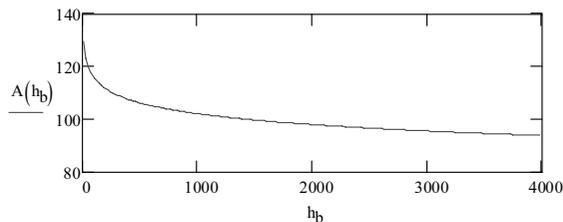
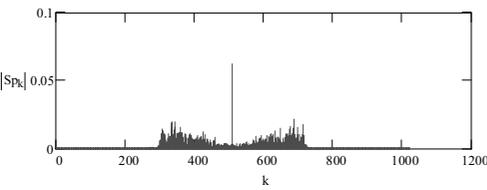
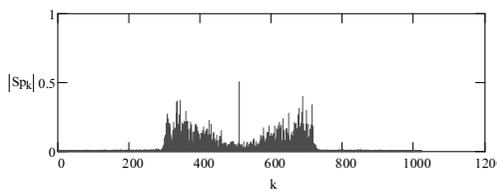


Рис. 5. Зависимость потерь при распространении от высоты приемной антенны



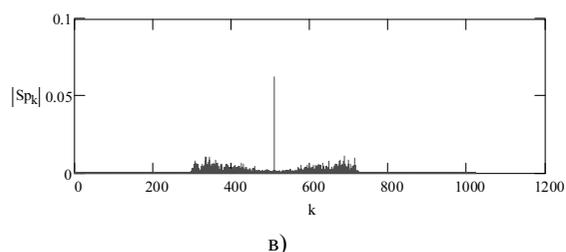


Рис. 6. Спектры выходных сигналов имитатора релейских замираний при различных высотах подъема приемной антенны h_b : а) $h_b = 50$ м, б) $h_b = 1000$ м, в) $h_b = 1800$ м

Как показывает анализ зависимости (1), потери при распространении уменьшаются несущественно при $h_b > 4000$ м.

Далее, согласно рис. 2, моделировались две квадратурные компоненты и суммарный сигнал. Оценка результатов проводилась с помощью спектрального анализа. На рис. 6 представлены спектры выходных сигналов имитатора релейских замираний для различных высот приемной антенны. Для наглядности представления результатов вместе со спектром выходного сигнала имитатора на графиках представлена синусоидальная несущая сигнала.

Заключение

В рамках данной статьи был рассмотрен возможный (дополнительный) вариант повышения точности позиционирования за счет использования ВПА. Был проведен компьютерный экспери-

мент, в его основу была положена модель многолучевого распространения, специфицированная для стандарта GSM. По его результатам можно сделать вывод: «качество» принимаемого сигнала с подъемом приемной антенны на высоту от 2000 м до 3000 м увеличивается на 54% (уменьшаются паразитные составляющие спектра, вызванные многолучевым распространением).

Для систем позиционирования, основанных на угломерном методе определения координат, первичным определяемым параметром является угол прихода сигнала. Точность данного метода в основном зависит от картины многолучевого распространения сигнала. Соответственно, при уменьшении эффекта многолучевости уменьшается погрешность местоопределения указанным методом.

Литература

1. Закон об оперативно-розыскной деятельности в Российской Федерации // Криминальный вестник Санкт-Петербурга. № 8, 1992. – С.4-5.
2. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. под ред. В.И. Журавлева. М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
3. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ. Под ред. У.К. Джейкса. М.: Связь, 1979. – 520 с.
4. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. М.: Эко-Трендз, 2005. – 296 с.

УДК 627.397.6

ДИГИТАЛЬНОЕ СКАНИРОВАНИЕ В ДИАГНОСТИКЕ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Хлесткин А.Ю., Янгазов Р.Р.

В работе обсуждаются подходы компьютерной обработки по сканированию и диагностике рентгенографических изображений поверхности сердца. Предложен метод по сканированию рентгеновских снимков с большой разрешающей способностью. Приведены примеры обработки снимков на основе предложенного метода. Приведены критерии дигитального рентгенографического снимка и их достоинства по сравнению с пленочным. Разработанные подходы позволяют осуществлять диагностику поверхности сердца.

Введение

Несмотря на несомненные успехи, достигнутые за последние десятилетия в получении, сканировании и диагностике рентгенографических

снимков, проблема остается открытой. Современные методы диагностики, использующие специализированные аппаратные средства, громоздки, сложны и не обладают мобильностью.

Важной особенностью дигитального изображения является большой динамический диапазон исследуемой поверхности по сравнению с обычными аналоговыми снимками. Динамический диапазон позволяет отражать интенсивность затенения в шкале Хаунсфильда, которые передаются системой визуализации без искажения. В числовом выражении динамический диапазон определяет отношение максимальной и минимальной интенсивности рентгеновского излучения, при которой сохраняется приемлемая для