

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА КАЧЕСТВО МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM

Аль-кумаим Самир Рашид,
Хорхордин А.В., канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный технический университет,

В статье проводится анализ параметров качества сети модельной связи стандарта GSM. Для определения влияния внешних факторов воздействия распространения радиоволн проведено исследование эмпирических моделей зон покрытия базовых станций и приведено условие связности для радиоканала стандарта GSM с учетом определенных внешних мешающих факторов.

Общая постановка проблемы. Внешняя среда создает специфические условия для распространения радиоволн в сети сотовой связи. Теневые зоны, многократные отражения и рассеяние волн формируют многолучевые поля со сложной интерференционной структурой и резкими пространственными изменениями уровня сигнала.

Многолучевой характер распространения радиоволн, когда в точку приема приходят волны с разных направлений и с разными временными задержками, порождает явления межсимвольной интерференции при передаче кодовых последовательностей. Искажения сигнала, обусловленные межсимвольной интерференцией, могут вызывать серьезное ухудшение характеристик системы и качества высокоскоростной передачи цифровой информации, если длительность задержки превышает длительность символа.

Необходимой предпосылкой для разработки эффективных систем связи, работающих в природной среде, является глубокое знание характеристик многолучевого канала распространения и факторов влияния на параметры сигнала.

При анализе радиоканала часто используется модель свободного пространства. В рамках этой модели предполагается, что в канале отсутствуют такие процессы, как отражение, преломление, поглощение, рассеяние и дифракция радиоволн. Если рассматривается распространение радиоволн в атмосфере, то она предполагается однородной и удовлетворяющей указанным выше условиям. Предполагается, что земная поверхность находится достаточно далеко от радиотрассы, так что ее влиянием можно пренебречь. Модель свободного пространства является эталонной

при анализе распространения радиоволн на различных трассах. В рамках этой модели энергия сигнала зависит только от расстояния между передатчиком и приемником и убывает обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.

Достоверность передачи информации определяется несколькими факторами, среди которых можно выделить отношение сигнал/шум, а также искажения сигнала, вызванные межсимвольной интерференцией. Уменьшение отношения сигнал/шум может быть вызвано снижением мощности сигнала, повышением мощности шума или мощности сигналов, интерферирующих с полезным сигналом. Эти механизмы называются, соответственно, потерями (ослаблением) и шумом (интерференцией). Ослабление может происходить в результате поглощения энергии сигнала, отражения части энергии сигнала или рассеяния. Существуют несколько источников шумов и интерференции – тепловой шум, галактический шум, атмосферные и промышленные помехи, перекрестные и интерферирующие сигналы от других источников.

Перечислим основные причины потерь в канале связи сотовой связи.

1. Потери, связанные с ограничением полосы канала.
2. Межсимвольная интерференция.
3. Модуляционные потери.
4. Интермодуляционные искажения.
5. Поляризационные потери.
6. Пространственные потери.
7. Помехи соседнего канала.
8. Атмосферные и галактические шумы.
9. Собственные шумы приемника.
10. Потери в антенно-фидерном тракте.

Постановка задач исследования. Для расчета ослабления сигналов при анализе ЭМС и проектировании сетей подвижной связи наиболее широко пользуются моделированием, основанным на результатах статистической обработки экспериментальных исследований распространения сигналов вдоль земной поверхности. Такие исследования проводились во многих странах мира для различных условий местности. Некоторые из этих моделей являются общепризнанными и рекомендованы МСЭ для использования при проектировании сетей подвижной связи.

Существуют статистический и детерминированный способы моделирования. Статистический способ основан на определении площадей покрытия и расстояний между БС (Базовая станция) путем

использования статистических данных среды распространения радиоволн, параметров каналов и электрических характеристик используемой аппаратуры. Детерминированный способ использует инструментальную оценку напряженности электромагнитного поля на конкретной местности с учетом ее рельефа и определение местоположения БС на основе конкретных данных уровней сигналов и препятствий.

В работе предлагается исследовать существующие модели распространения радиоволн, дать им оценку и определить оптимальную модель для учета всех факторов влияния на распространение радиосигнала в сотовой сети стандарта GSM.

Решение задач и результаты исследований. На основе влияния данных факторов воздействия было определено, что мощность сигнала в точке приема при движении МС (Мобильная станция) изменяется по логарифмически-нормальному закону, определяя общие медленные замирания всех частотных составных радиосигнала.

Отношение мощности полезного сигнала к суммарной мощности мешающих помех и шумов является переменным коэффициентом передачи канала и определяет степень искажения информации на приемной стороне.

Для характеристики изменений уровня покрытия, а соответственно и качества сигнала в зоне БС был проведен анализ изменений энергетических соотношений в радиоканалах системы GSM 900/1800 под влиянием воздействия природных факторов.

Условие связности для МС может быть представлено в виде энергетического соотношения:

$$P_{npi}t_{cv} > V^2 \left(\sum_{i=1}^n P_{ni}t_n \right), \quad (1)$$

где

P_{npi} — мощность полезного сигнала на входе приемника i -ой MS;

P_{ni} — мощность i -ой помехи на входе приемника k -ой MS;

t_{cv} — время сеанса радиосвязи;

t_n — время влияния препятствия;

n — количество мешающих источников помех;

V^2 — коэффициент превышения энергии полезного сигнала над суммарной энергией помех.

Левая часть уравнения представляет мощность полезного сигнала в точке приема, образованную j -м передатчиком мобильной системы отдаленным от i -го приемника на расстояние r_{ij} .

Правая часть выражения представляет суммарную мощность электромагнитных излучений, создаваемых разными группами источников помех. Для мобильных систем радиосвязи характерные три группы источников, которые мешают излучению.

Таким образом для оценки влияния природных факторов воздействия было составлено уравнение радиолинии в системе GSM:

$$\frac{P_{\Sigma} i \eta \xi_{ij}}{(4\pi r_{ij})^2} = v^2 \left[\sum \frac{P_{\Sigma} k \eta \xi_{ik}}{\Delta F_{\text{эф}} (4\pi r_{ik})^2} + \frac{E_{\text{вн}}^2 \lambda^2 \Psi D_{\text{пр}}}{(30\pi)^2 \Delta F_{\Sigma}} + \frac{4kT_0 n}{R_{\Sigma}} \right], \quad (2)$$

где

$$\eta = D_{\text{пр}} D_{\text{прд}};$$

$$n = t_a + (N_{\text{ш}} - 1)K_p;$$

Ψ — коэффициент расхождения полос частот помех и тракта приема;

P_{Σ} — излучаемая мощность передатчика;

ξ_{ij} — общий коэффициент потерь и замираний сигнала ij трасы радиосвязи;

r_{ij} — расстояние между i и j радиостанциями;

ξ_{ik} — коэффициент потерь и замираний ik -трассы;

$E_{\text{вн}}^2$ — квадрат напряженности поля, создаваемого суммарным влиянием внешних препятствий;

λ — длина волны;

$\Delta F_{\text{эф}}$ — эффективная полоса частот сигнала помех;

$D_{\text{пр}}$ — коэффициент направленного действия приемной антенны.

$D_{\text{прд}}$ — коэффициент направленного действия передающей антенны

Внутренне шумы антенны определяются ее шумовыми свойствами как $P_{\text{швн}} = k_0 \Delta F_{\text{эф}}/4R_{\Sigma}$, где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ — постоянная Больцмана, $T_0 = 290$ К — абсолютная шумовая температура антенны, $\Delta F_{\text{эф}}$ — эффективная шумовая полоса тракта приема, R_{Σ} — сопротивление излучения антенны.

Параметр связности v^2 позволяет оценивать надежность радиосвязи как вероятность связи с необходимым качеством $P_{\text{св}}(v^2 > v_{\text{пор}}^2) = t_{\text{нс}}/T_p$. Поскольку условие $v^2 > v_{\text{пор}}^2$ при продолжительных сеансах связи не выполняется (рис.1), то общее время работы $T_p = \sum t_{\text{нс}} + \sum t_{\text{ос}}$ формируется из отрезков времени наличия связи $\sum t_{\text{нс}}$ и отсутствия связи $\sum t_{\text{ос}}$.

В результате расчетов был получен предельный коэффициент v^2 для системы GSM-1800 (так как GSM-900 уже мало где используется). Он равняется 9 дБ, т.е. каждый канал системы может корректно функционировать в случае, когда полезная мощность на

входе приемника больше уровня мощности помех не менее чем в девять раз.

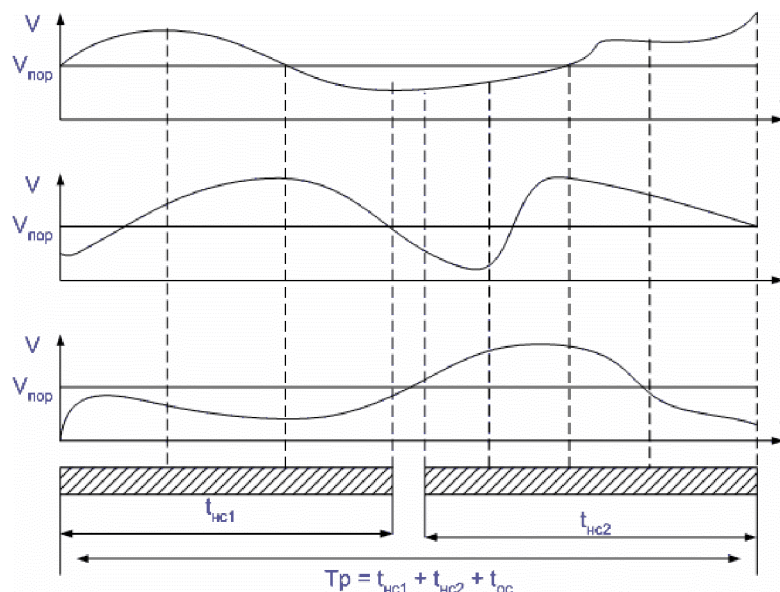


Рисунок 1 - Колебание параметра связности в разных каналах системы GSM

Выводы.

В работе были проанализированы несколько способов формирования зон обслуживания сотовых систем. На основе детального анализа и расчетов установлено, что условие связности выполняется в сотах GSM-1800, радиус которых $r \leq 300$ м. Была построена зависимость мощности радиосигнала системы GSM-1800 на входе приемника терминала от высоты поднятия антенны над средним уровнем застройки базовой станции. Из анализа построенной зависимости, следует, что в условиях города антенна базовой станции должна быть поднята над средним уровнем застройки не менее, чем на 6 м.

Были рассмотрены основные модели распространения радиоволн, позволяющие при помощи моделирования оценить уровень сигнала в точке приема абонентов при различных условиях факторов воздействия природного характера и проанализировать изменение уровня качества услуг. Наиболее оптимальным является модель Окамура-Хата как наиболее универсальная для всех типов местности и условий распространения сигналов.

Список источников.

1. Шиллер Й. Мобильные коммуникации.: Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. -384 с.
2. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. - Г.: Радио и связь, 2002. - 440 с.

3. Андрианов В., Соколов А. Средства мобильной связи.- СПб.: ВНУ-Петербург, 2001.-256 с.