

Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и
информатики» (ФГОБУ ВО «СибГУТИ»)

Кафедра

Задание на практику
Моделирование радиоканала при перемещении абонента

Новосибирск 2025

1 Прием сигнала при перемещении абонента

В данном разделе моделируется траектория перемещения абонента и принимаемый сигнал в комплексном низкочастотном представлении (комплексная огибающая сигнала).

Траектория задается прямой на небольшом отрезке с перемещением абонента с заданной скоростью V (м/с). Базовая станция расположена на расстоянии $D = 1$ км, абонент начинает движение в точке с координатой $x=0$. Перемещение абонента задается путем формирования отсчетных точек с шагом Δx (в метрах) по оси X , задается количество точек $N = 100$. Шаг задается как часть длины волны $\Delta x = \frac{\lambda}{F}$ и значения точек $x(0) = 0$, $x(1) = \Delta x$, $x(2) = 2\Delta x$ и т.д.

Соответствующие моменты времени в отсчетных точках при перемещении зависят от скорости и вычисляются как $t(0) = 0$, $t(1) = \Delta x/V$, $t(2) = 2\Delta x/V$, т.е. интервал дискретизации по времени равен $t_s = \Delta x/V$.

Вектор точек расстояния от BS к MS (пройденный путь радиосигнала) вычисляется как $d(0) = D$, $d(1) = D - \Delta x$, $d(2) = D - 2\Delta x$ и т.д.

Координаты BS можно задать как $BSx = D\cos(\alpha)$, $BSy = D\sin(\alpha)$ и расстояние между BS и MS вычислять как $distBSMS = \sqrt{(BSx - MSx)^2 + (BSy)^2}$.

Принимаемый сигнал (комплексная амплитуда) вычисляется по вектору расстояний как

$$r(0) = \exp(-jkd(0)), r(1) = \exp(-jkd(1)), r(2) = \exp(-jkd(2)) \text{ и т.д., } k = \frac{2\pi}{\lambda}.$$

- Частота сигнала $f_c = 2$ ГГц
- Количество точек траектории - 100
- Шаг расстояния между точками $\Delta x = \frac{\lambda}{F}$
- $F=16$
- $V = 10$ м/с
- размер ДПФ NFFT=128

Определить значение амплитуды, фазы и смещения Доплера при перемещении абонента. При вычислении смещения Доплера ось частот размечается в точках $f = (-(NFFT/2):(NFFT/2)-1)*f_s/N$.

2 Прием сигнала при перемещении абонента и большом числе источников переотражений

В данном разделе моделируется принимаемый сигнал при наличии большого числа источников переотраженных сигналов. Такие условия распространения соответствуют релеевским замираниям принимаемого сигнала. В результате моделирования нужно проверить свойства модуля принимаемого сигнала на вид распределения и вычислить спектр Доплера.

2.1 Определение сценария моделирования

Исходное положение абонента MS имеет координаты (0, 0). Рассеиватели (SC) расположены вокруг приемника (MS). Положение рассеивателей в пространстве задается их координатами (x,y). Координаты можно задавать случайным образом или явно в виде массива координат для всех рассеивателей.

Положение базовой станции BS указывается явно с координатами (1000,1000). После задания всех координат нарисуйте исходный сценарий.

2.2 Задание перемещения абонента

Перемещение абонента происходит по линейному треку в N=1000 точек. Скорость перемещения V=10 м/с. Изобразите трек перемещения абонента на одной карте с рассеивателями.

2.3 Вычисление расстояний BS - SC- MS

Расстояния $d_i(n)$ вычисляются при перемещении абонента для каждого i-го пути рассеивания в точках перемещения абонента n.

Сначала вычисляются расстояния от BS до рассеивателей CS

$$dBSSC = \text{sqrt}((BSx - SCx)^2 + (BSy - SCy)^2),$$

где (BSx,BSy) - координаты базовой станции, (SCx,SCy) - координаты рассеивателей.

Затем вычисляются расстояния от рассеивателей до MS на треке перемещения

$$dSCMS = \text{sqrt}((SCx - MSx(n))^2 + SCy^2).$$

Суммарное расстояние от BS к MS $dBSSCMS = dBSSC + dSCMS$.

2.4 Вычисление принятого сигнала

Суммарное расстояние от BS к MS $dBSSCMS = dBSSC + dSCMS$ используется как переменная для вычисления принятой комплексной амплитуды по каждому из путей. После вычисления комплексных амплитуд по каждому пути вычисляется их сумма, которая и является принятым сигналом.

2.5 Требуемые характеристики

- модуль принятого сигнала от времени (комплексной огибающей)
- фаза принятого сигнала от времени
- спектр Доплера

- гистограмма модуля принятого сигнала по треку, гистограмму пронормировать на количество точек трека (количество значений)
- функция распределения модуля принятого сигнала по треку
- функция автокорреляции принятого сигнала по треку

3 Прием сигнала при перемещении абонента в широкополосном канале

3.1 Двухлучевой канал

В данной части работы изучается моделирование канала в широкой полосе частот при наличии двух источников переотражений сигнала. Источники переотражают сигнал с разным уровнем, который задается в виде параметра модели. Также как параметр задается полоса частот, по которой моделируется частотная характеристика канала в данных условиях распространения. Изменение происходит как во времени (перемещение), так и по частоте.

Моделирование выполняется по исходным параметрам перемещения и размещения рассеивателей по следующим условиям

- Частота сигнала $f_c = 2$ ГГц
- Количество точек траектории - 20
- Шаг расстояния между точками $\Delta x = \frac{\lambda}{F}$
- $F=16$
- $V = 10$ м/с
- Полоса частот, МГц 1997.5 - 2002.5
- Шаг частотной сетки 0.01 МГц
- Коэффициент передачи рассеивателей $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 0.5$

Вычисление частотной характеристики канала выполняется в виде вычисления комплексного НЧ принятого сигнала при перемещении по траектории в каждой точке по заданной полосе частот.

По полученной частотной характеристике в некоторых точках траектории вывести модуль ЧХ и вычислить импульсную характеристику через ОДПФ. Временная ось импульсной характеристики формируется по шагу частотной сетки Δf и количеству точек частотной характеристики N_f . При количестве точек ЧХ N_f вычисляется импульсная характеристика в $N_{tau} = N_f$ точках задержек. Максимальное время рассеяния вычисляется как

$$\tau_{max} = \frac{1}{\Delta f}$$

Интервал времени между точками на оси задержек вычисляется как

$$\Delta\tau = \frac{\tau_{max}}{N_f}.$$

Ось времени задержек формируется в виде

$$\tau = (0 : N_\tau - 1)\Delta\tau.$$

Требуемые характеристики

- Диаграмма размещения BS, MS, траектории перемещения MS
- Переменную во времени частотную характеристику (модуль) по траектории перемещения (по времени)
- Модуль ЧХ на выбранной частоте от времени
- Модуль ЧХ во всей полосе в выбранной точке траектории
- Фазу ЧХ во всей полосе в выбранной точке траектории
- Импульсную характеристику по траектории
- Импульсную характеристику в выбранной точке траектории

Измените положение рассеивателей так, чтобы увеличить разность задержек лучей. Повторите пункты работы.

Измените коэффициенты передачи рассеивателей, выберите близкие значения $\alpha_1 = 0.5, \alpha_2 = 0.5$. Повторите пункты работы.

3.2 Большое количество рассеивателей

Выполните моделирование канала при большом количестве переотражателей вокруг приемника.