

## 2 Изучение свойств радиоканала как среды распространения сигналов

### 2.1 Цель работы

Целью работы является изучение свойств радиоканалов как среды распространения сигналов с помощью моделирования в среде Python/Spyder.

### 2.2 Вопросы для самоподготовки

1. Уравнение радиосвязи в свободном пространстве. Потери распространения.
2. Двухлучевая модель потерь распространения.
3. Модели потерь Окумура - Хата, COST - Хата.
4. Радиоканал с многолучевым распространением.
5. Системное описание радиоканала, параметры многолучевости реальных радиоканалов во временной области.
6. Системное описание радиоканала, параметры многолучевости реальных радиоканалов в частотной области.

### 2.3 Модель потерь распространения

Для описания процесса передачи и приема сигналов по радиоканалу требуются модели радиоканала. Модели канала разделяют на:

- модели потерь распространения, потерь мощности при передаче сигналов
- модели многолучевого распространения сигналов

Основными моделями потерь распространения являются двухлучевая модель, модели Окумура-Хата, COST-Hata. Эти модели позволяют определить величину принимаемой мощности сигнала при заданном расстоянии, мощности передатчика и параметрах усиления антенн. Модели потерь распространения применяются при расчете сети для определения радиуса действия сети.

Программная модель потерь распространения. В модели расстояние  $r$  указывается в км, высоты антенн  $h$  - в м, частота  $f$  в МГц, потери распространения в дБ.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import signal
from scipy.signal import kaiserord, lfilter, firwin, freqz
from scipy import fftpack
r=np.arange(1,20,1)
#r=6;
hbc=30
hma=2
f1=900
C=3
a1=(1.11*np.log10(f1)-0.7)*hma-(1.56*np.log10(f1)-0.8) #
    поправочный коэффициент
# Модель Cost-Hata
Lcoh=46.3+33.9*np.log10(f1)-13.82*np.log10(hbc)-a1
    +(44.9-6.55*np.log10(hbc))*np.log10(r)+C
# Модель Okumura-Hata
Lokh=69.55+26.16*np.log10(f1)-13.83*np.log10(hbc)
    +(44.9-6.55*np.log10(hbc))*np.log10(r)-a1
plt.plot(r,Lcoh,'r',r,Lokh,'g')
plt.title("Потери распространения")
plt.xlabel('Расстояние, км')
plt.ylabel('Потери распространения, дБ')
plt.legend(['Cost-Hata', 'Okumura-Hata'])
Pt=35 # мощность передатчика, дБм
Gt=8
Gr=3
Pr=Pt+Gt+Gr-Lcoh
plt.figure(2)
plt.plot(r,Pr)
plt.title("Принятая мощность")
```

```
plt.xlabel('Расстояние , км')
plt.ylabel('Мощность на входе приемника')
```

### 2.3.1 Задание по разделу модели потерь распространения

1. Получить график потерь распространения при частоте  $f = 900$  МГц, высоте базовой станции  $H_{bs} = 30$  м, высоте антенны мобильного  $H_{ms} = 2$  м.
2. Получить график потерь распространения при частоте  $f_1 = 900$  Гц, высоте базовой станции  $H_{bs1} = 20$  м, высоте базовой станции  $2H_{bs2} = 50$  м, высоте мобильного  $H_{ms} = 2$  м.
3. Получить график потерь распространения при частоте  $f_1 = 1800$  Гц, высоте базовой станции  $H_{bs1} = 20$  м, высоте базовой станции  $2H_{bs2} = 50$  м, высоте мобильного  $H_{ms} = 2$  м.
4. Получить график принимаемой мощности при мощности передатчика 10 Вт, 20 Вт. Линейную мощность переведите в логарифмический масштаб.

### 2.4 Параметры канала с многолучевым распространением

Средняя задержка  $\tau_0$  - это взвешенное по мощности среднее значение задержки

$$\tau_0 = \frac{\int_0^{\tau_{max}} \tau P(\tau) d\tau}{\int_0^{\tau_{max}} P(\tau) d\tau} = \frac{\sum_n \tau_n P(\tau_n)}{\sum_n P(\tau_n)} \quad (2.1)$$

$\tau_{max}$  - максимальное время рассеяния канала.

Среднеквадратичный разброс задержек,  $\tau_{rms}$ , определяется как корень квадратный из дисперсии рассеяния мощности:

$$\tau_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^{\tau_{max}} (\tau - \tau_0)^2 P(\tau) d\tau}{\int_0^{\tau_{max}} P(\tau) d\tau}} = \sqrt{\frac{\sum_n \tau_n^2 P(\tau_n)}{\sum_n P(\tau_n)} - \tau_0^2} \quad (2.2)$$

Програмная модель для вычисления частотной характеристики многолучевого канала.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
```

```

from scipy import signal
from scipy.fftpack import fft , ifft , fftshift ,
    ifftshift
from scipy.signal import max_len_seq
fc = 2e9
tau = np.array([0.5 , 1, 1.3])*1e-6
a= np.array([1 , 0.7 , 0.3])
ff=np.arange(-5,5,0.02)*1e6
H1=np.transpose(a)*np.exp(-1j*2*np.pi*fc*tau)
H2 = np.exp(-1j*2*np.pi*tau[0]*ff)+np.exp(-1j*2*np.pi*
    tau[1]*ff)+np.exp(-1j*2*np.pi*tau[2]*ff)
HH = H1[0]*H2+H1[1]*H2+H1[2]*H2
    plt.figure(1)
plt.plot(ff , abs(HH))

```

### 2.4.1 Задание по разделу параметры многолучевости

Исходные данные для определения числовых параметров многолучевости берутся из таблицы. В таблице представлены три варианта профиля рассеяния.

1	0	0
2	50	-3.0
3	110	-10.0
4	170	-18.0
5	290	-26.0
6	310	-32.0
1	0	0
2	110	-9.7
3	190	-19.2
4	410	-22.8
5	-	-
6	-	-
1	0	0
2	310	-1.0
3	710	-9.0
4	1090	-10.0
5	1730	-15.0
6	2510	-20.0

Таблица 1.1 - Параметры профиля рассеяния канала

Для выбранного варианта профиля рассеяния

1. Изобразить профиль рассеяния канала. В таблице задержки лучей в нс, уровни в дБ.

2. Вычислите частотную характеристику многолучевого канала.
3. Определить величину среднеквадратического разброса задержек,  $\tau_{rms}$ .  
Мощность из логарифмического масштаба необходимо перевести в линейный.