

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

Кафедра телекоммуникационных систем и вычислительных средств  
(ТС и ВС)

Лабораторная работа № 2  
По дисциплине  
«Основы систем мобильной связи»  
«Проектирование радиопокрытия мобильных сетей.  
Модели распространения сигналов. Бюджеты каналов.»

Студент:

*Группа № ИА331*

Р. К. Рубцов

Преподаватель:

В. Г. Дроздова

Новосибирск 2025 г.

### **Цель занятия:**

- Получить представление о том, как проектируется покрытие сетей мобильной связи и, научиться рассчитывать радиус действия (радиопокрытие) отдельных базовых станций БС (сот).

### **Исходные данные:**

- Мощность передатчиков BS: 46 дБм;
- Число секторов на одной BS: 3;
- Мощность передатчика пользователя терминала UE: 24 дБм;
- Коэффициент усиления антенны BS: 21 дБи;
- Запас мощности сигнала на проникновения сквозь стены: 15 дБ;
- Запас мощности сигнала на интерференцию: 1 дБ;
- Модель распространения сигнала для макросот: COST 231 Hata;
- Модель распространения сигнала для фемто- и микросот:

UMiNLOS;

- Диапазон частот: 1.8 ГГц;
- Полоса частот в UL: 10 МГц;
- Полоса частот в DL: 20 МГц;
- Дуплекс UL и DL: FDD;
- Коэффициент шума приемника BS: 2.4 дБ;
- Коэффициент шума приемника пользователя: 6 дБ;
- Требуемое отношение SINR для DL: 2 дБ;
- Требуемое отношение SINR для UL: 4 дБ;
- Число приемо-передающих антенн на BS (MIMO): 2;

11

- Площадь территории, на которой требуется спроектировать сеть: 100 кв.км;
- Площадь торговых и бизнес центров, где требуется спроектировать сеть на базе микро- и фемтосот: 4 кв.к м;
- Базовые станции с фидерами.

Нек-ые данные были взяты из головы

### Порядок выполнения работы:

1. Выполните расчет бюджета восходящего канала, используя входные данные и определите уровень максимально допустимых потерь сигнала MAPL\_UL.
2. Выполните расчет бюджета нисходящего канала, используя входные данные и определите уровень максимально допустимых потерь сигнала MAPL\_DL.

```
1. # Исходные данные
2. P_BS = 46          # дБм
3. N_cells = 3        # число секторов
4. G_BS = 21          # дБи
5. NF_BS = 2.4        # дБ

6. P_UE = 24          # дБм
7. NF_UE = 6           # дБ

8. f = 1.8            # ГГц
9. BW_UL = 10 * 10**6 # Гц (10 МГц)
10. BW_DL = 20 * 10**6 # Гц (20 МГц)

11. SINR_DL = 2       # дБ
12. SINR_UL = 4       # дБ

13. M_pen = 15         # дБ
14. M_int = 1          # дБ

15. feeder_loss = 2 + 0.4 + 0.5
16. mimo_gain = 3

17. S = 96            # км**2
18. S_in = 4           # км**2

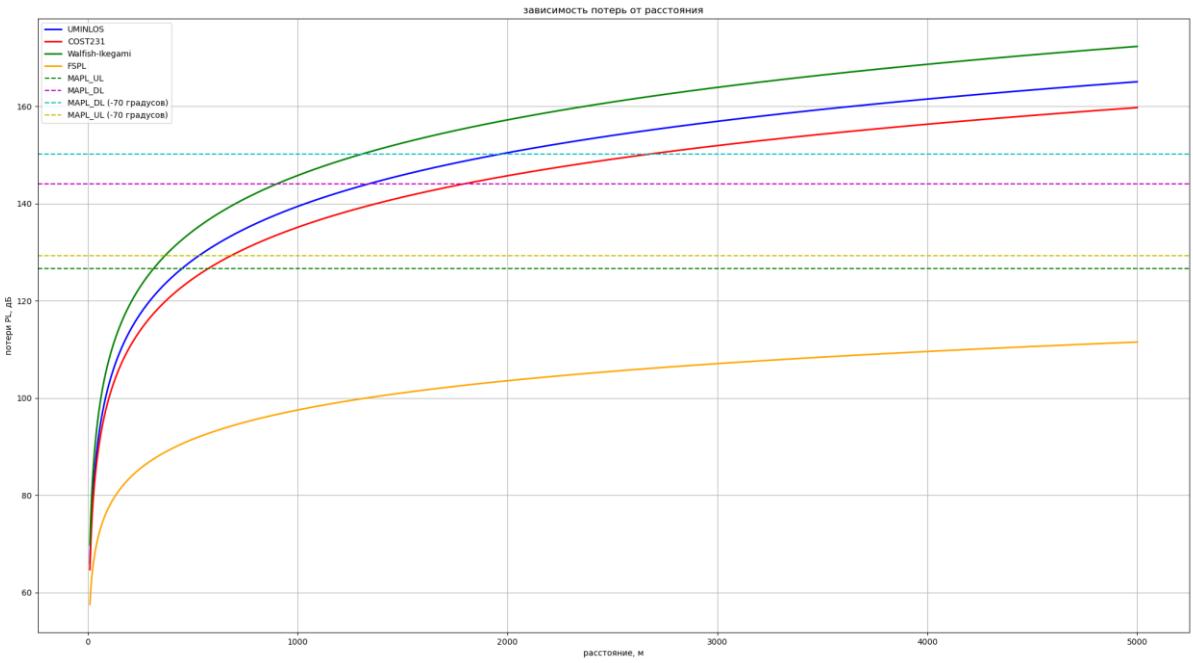
19. N_BS = -174 + 10 * np.log10(BW_UL) + NF_BS # дБм
20. N_UE = -174 + 10 * np.log10(BW_DL) + NF_UE # дБм

21. RxSens_BS = N_BS + SINR_UL # дБм
22. RxSens_UE = N_UE + SINR_DL # дБм

23. d = np.linspace(10, 5000, 5000)

24. MAPL_UL = P_UE - feeder_loss + mimo_gain - M_pen - M_int + G_BS - RxSens_BS # 126.6 дБ
25. MAPL_DL = P_BS - feeder_loss + mimo_gain + G_BS - M_int - M_pen - RxSens_UE # 144 дБ
```

3. Постройте зависимость величины входных потерь радиосигнала от расстояния между приемником и передатчиком по всем трем описанным в п.2.2 моделям. Выберите нужную модель для заданных условий.



Преподаватель попросил добавить FSPM и MAPL для -70 градусов по цельсию

$$R_{UMI} = 441$$

$$R_{COST} = 574$$

По тз валфиш и фспм для расчета сайтов не требуются

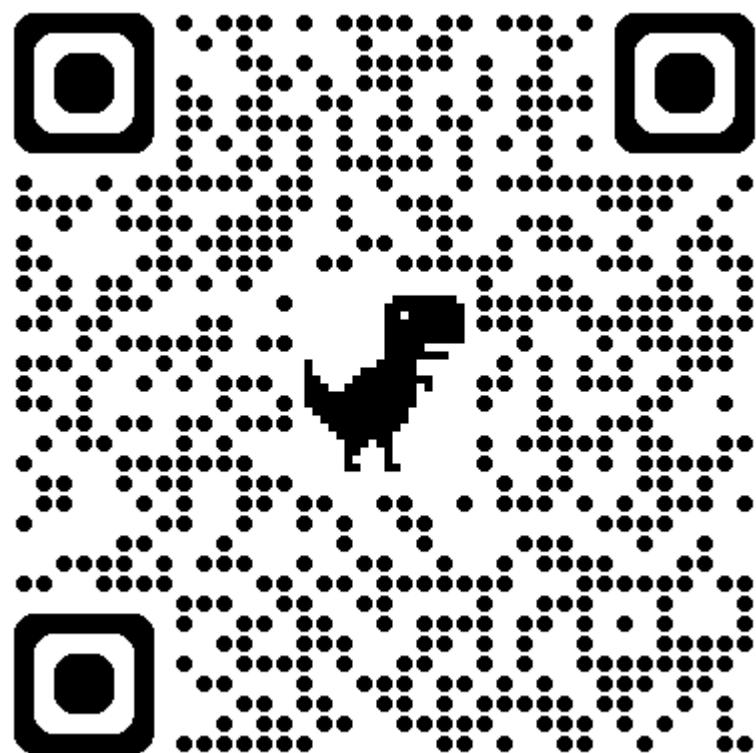
4. Определите радиус базовой станции в восходящем и нисходящем каналах. По меньшему из полученных значений рассчитайте площадь одной базовой станции и, исходя из заданной площади, вычислите требуемое количество базовых станций (сайтов), необходимое для обеспечения непрерывного покрытия на этой территории.

```

1. # Кол-во сайтов
2. 2
3. S_site = (1.95 * (R_COST/1000)**2)
4. 4
5. N_site = np.ceil(S/S_site)
6. 6
7. S_site_in = (np.pi * (R_UWI/1000)**2)
8.
9. N_site_in = np.ceil(S_in/S_site_in)
10.
11. print(f'Количество макросайтов COST: {N_site}')
12. print(f'Количество фемтосотов UMINLOS: {N_site_in}')
● tenebre@rxmantic:/mnt/e/prog/Third/MobileDr/1/2lab$ python3 main.py
Количество макросайтов COST: 150.0
Количество фемтосотов UMINLOS: 7.0

```

**Гитхаб**



<https://github.com/ohfuckinglucy/OSMS>

## Контрольные вопросы

1. Какие модели распространения сигналов используются для расчета радиопокрытия сетей мобильной связи?
  - FSPM(Free Space Propagation Model) – видимость без препятствий,
  - UMiNLOS(Urban Micro Non-Line-of-Sight) – подходит для городских застроек с низкими зданиями,
  - COST231-Hata – подходит для городских макро сайтов,
  - Walfish-Ikegami – подходит для урбанизированных районов
2. Какие основные составляющие бюджета восходящего (UL) и нисходящего (DL) каналов в радиосетях?
  - P\_UE/BS – мощность ue/bs,
  - G\_UE/BS – усиление антенны ue/bs,
  - Feeder\_loss – потери в корпусе, кабелях, разъёмах ue/bs,
  - MIMO gain – прибавка к мощности за счет мультиплексирования,
  - M\_penetration – потери при проникновении,
  - M\_int – потери при интерференции,
  - RxSens\_BS,UE – чувствительность bs/ue
  - $MAPL_{UL} = P_{UE} - Feeder\_loss + G_{MIMO} + G_{BS} - M\_pen - M\_int - RxSens_{BS}$
  - $MAPL_{DL} = P_{BS} - Feeder\_loss + G_{MIMO} + G_{UE} - M\_pen - M\_int - RxSens_{UE}$   
 $RxSens = N_{thermal} + NF + SINR, N_{Th} = -174 + 10\log_{10}(BW)$
3. Чем отличается чувствительность приемника базовой станции E и пользовательского терминала UE?

BS более чувствителен потому что ему нужно принимать сигналы с малой мощностью от многих UE, антенны и шумовой фактор у базовой станции определенно лучше чем у мобильного ус-ва  
Со стороны UE – размер ус-ва маленький + мощность в разы
4. Что такое тепловой шум и как он определяется?

Тепловой шум – это случайный шум, который возникает из-за теплового движения зарядов, он существует везде и создается от всего.  
Формула  $N_{Th} = -174 + 10\log_{10}(BW)$ (для  $T = 290$ ), или  $10\log_{10}(k*T*BW) + 30$ , где  $k$  – постоянная Больцмана =  $1.38 * 10^{-23}$  дж/К
5. Что ограничивает радиус соты мобильных сетей в нисходящем и восходящем каналах?

MAPL (Maximum allowed path loss) – обычно ограничивают радиус соты по аплинку(там уровень потерь меньше, чтобы наверняка и от туда сюда и от сюда туда)
6. Из чего состоят потери сигнала в антенно-фидерном тракте базовой станции BS?

Потери в антенно-фидерном тракте базовой станции – это все потери, которые происходят от выхода передатчика до излучения сигнала антенной  
Feeder\_loss +- 2 db, МШУ +- 0.4 db, джампер +- 0.5 db