

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ОТЧЕТ

ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №

дисциплина: Построение и анализ

моделей беспроводных сетей 5G/6G

Студент:

Кубасов Владимир Юрьевич

ст.б. 1132249516

Группа:

НФИмд-01-24

Преподаватель:

Молчанов Дмитрий Александрович

Самуйлов Андрей Константинович

МОСКВА

2024г.

Цель работы:

Познакомиться с различными моделями распространения сигнала в абстрактных и реальных условиях. Сравнить предложенные модели.

Выполнение работы

Модель распространения FSPL

1. Запишите модель распространения сигнала FSPL (Free Space Path Loss) и переведите ее из линейной шкалы в логарифмическую. Напомним, что для логарифмической шкалы децибел используют преобразование $x_{dB} = 10 \log_{10}(x_{linear})$.

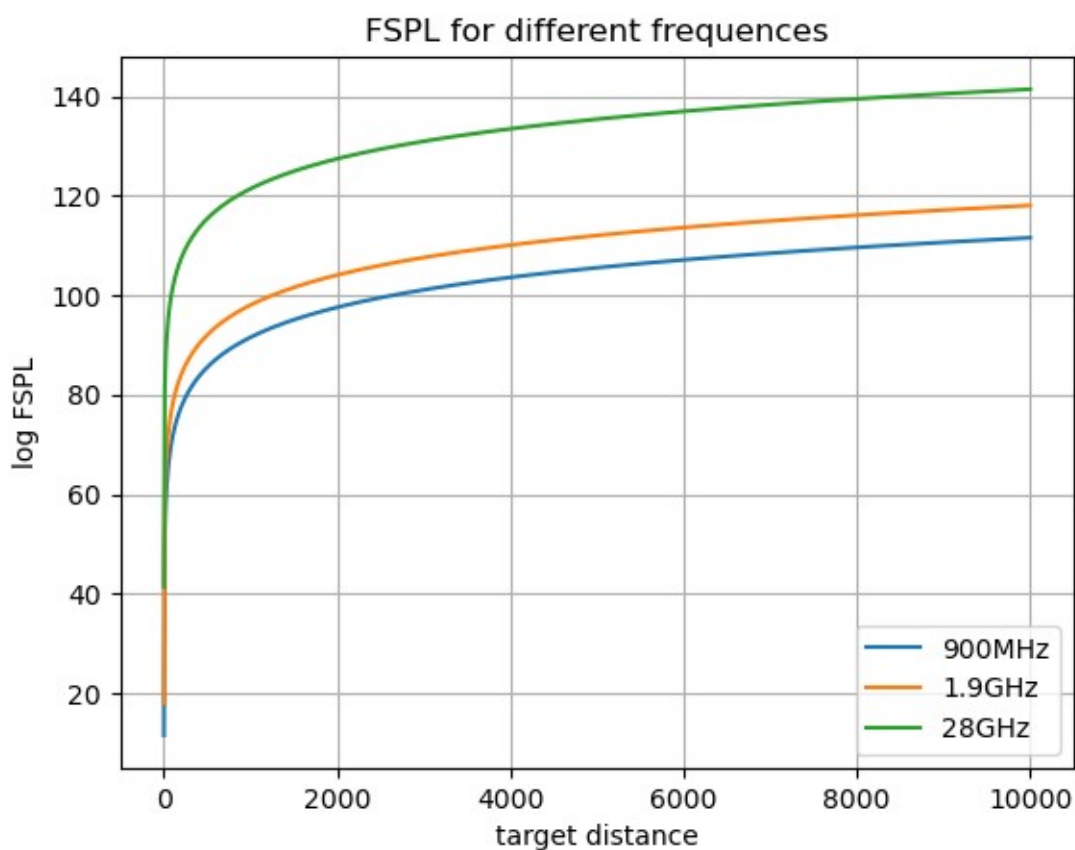
2. Постройте графики значений модели FSPL как функцию уровня затухания радиосигнала от расстояния для частот $f_1 = 900$ МГц, $f_2 = 1.9$ ГГц и $f_3 = 28$ ГГц.

3. Объясните удобство использования шкалы децибел. Проанализируйте и сделайте вывод о влиянии расстояния и частоты на потери распространения.

Листинг программы:

```
SPEED_OF_LIGHT = 299_792_458;
PREPARED_CONST = 20 * math.log10(4 * math.pi / SPEED_OF_LIGHT);
def FSPL(d, f):
    result = np.zeros(len(d));
    for i in range(len(d)):
        result[i] = PREPARED_CONST + 20 * math.log10(d[i] * f);
    return result;
FREQ_1 = 900_000_000;
FREQ_2 = 1_900_000_000;
FREQ_3 = 28_000_000_000;
DISTANCE = np.linspace(0.1, 10000, 1000);
```

Модель распространения сигнала FSPL определена в функции FSPL(d, f), где d — входящий параметр расстояния (или массива расстояний), а f — исследуемая частота сигнала. В этом же моменте для удобства значения функции были сразу «переварены» в логарифмическую шкалу, а константы посчитаны выше и вынесены (для исключения повторных вычислений и удобства). Далее по полученным результатам для расстояний DISTANCE и частот FREQ_1, FREQ_2, FREQ_3 построены графики:



Графики для разных частот модели FSPL, частоты разделены визуально по цвету, определение приведено в легенде графика.

Ожидаемо, здесь получаем возросшее затухание сигнала при увеличении частоты сигнала, а так же расстояния, что следует из самой формулы и, логично, из реальных практик. Однако FSPL не учитывает реальные препятствия и подходит для абстрактного распространения сигнала в вакууме, где линия видимости ничем не перекрывается.

Удобство же логарифмической шкалы определяется, как минимум, тем, что при её использовании все приведённые графики «влезят» в экран. Логарифмическая шкала — экспоненциальная, то есть мы наблюдаем номинальное различие, когда реальное больше в разы. Однако для удобства сравнения данная шкала подходит идеально при огромных получаемых разницах в значениях.

Дистанция уверенного приема

4. Рассчитайте максимально возможную дистанцию уверенного приема для передатчика на частотах $f_1 = 900$ МГц, $f_2 = 1.9$ ГГц и $f_3 = 28$ ГГц с мощностью передачи в 23 дБм. Усиления антенн на передаче и приеме считать одинаковыми и

равными 10 дБ. Чувствительность приемника, т.е. минимальный уровень сигнала, который приемник может принять и различить, равна -70 дБм.

5. Изменение каких параметров позволит увеличить зону покрытия беспроводной сети связи?

Листинг программы:

```
TARGET_FSPL = 10 + 10 + 23 + 70;  
def findDistance(freq):  
    return fsolve(lambda d: FSPL(d, freq) - TARGET_FSPL, x0 = 1000);
```

Для предложенных значений была посчитана константа TARGET_FSPL, которая хранит искомое значение функции FSPL. Так как сама функция была определена выше, потребовалось лишь разрешить (итеративно, в данном случае) задачу, что было сделано с помощью пакета *scipy*. Вывод программы был следующий:

```
Для частоты 9.0e+08 Гц дистанция уверенного приёма равна 11840.45 м  
Для частоты 1.9e+09 Гц дистанция уверенного приёма равна 5608.64 м  
Для частоты 2.8e+10 Гц дистанция уверенного приёма равна 380.59 м
```

По результатам данного пункта подтверждается факт, что максимальная дистанция покрытия определяется частотой сигнала в большей степени. Т.к. в реальности предлагаемые частоты могут отличаться на порядок, то и зоны покрытия уменьшаются пропорционально.

Для увеличения зоны покрытия по предлагаемой формуле, единственное, на что можно повлиять напрямую – мощности передатчиков. Повышая мощности в разы мы можем добиться кратного увеличения зоны покрытия. Однако стоит понимать, что аналогично вырастут и паразитные/тепловые эффекты.

Стандартные модели распространения 3GPP.

6. Построить графики зависимости уровня затухания радиосигнала от расстояния для моделей UMa LoS, UMa nLoS, InH-Office LoS, InH-Office nLoS из стандарта 3GPP TR 38.901.

7. Проведите сравнительный анализ качественного поведения данных моделей распространения радиосигнала с моделью FSPL.

Листинг программы:

```
def UMaLoS(d, f):
```

```

if not isinstance(d, np.ndarray):
    d = [d]
result = np.zeros(len(d));
for i in range(len(d)):
    result[i] = 28 + 22 * math.log10(d[i]) + 20 * math.log10(f);
return result;

```

```

BASE_ST_HEIGHT = 25;

```

```

def UManLoS(d, f):
    result = np.zeros(len(d));
    for i in range(len(d)):
        result[i] = max(UMaLoS(d[i], f), 13.54 + 39.08 * math.log10(d[i]) + 20 *
math.log10(f) - 0.6 * (BASE_ST_HEIGHT - 1.5));
    return result;

```

```

def InH0fficeLoS(d, f):
    result = np.zeros(len(d));
    for i in range(len(d)):
        result[i] = 32.4 + 17.3 * math.log10(d[i]) + 20 * math.log10(f);
    return result;

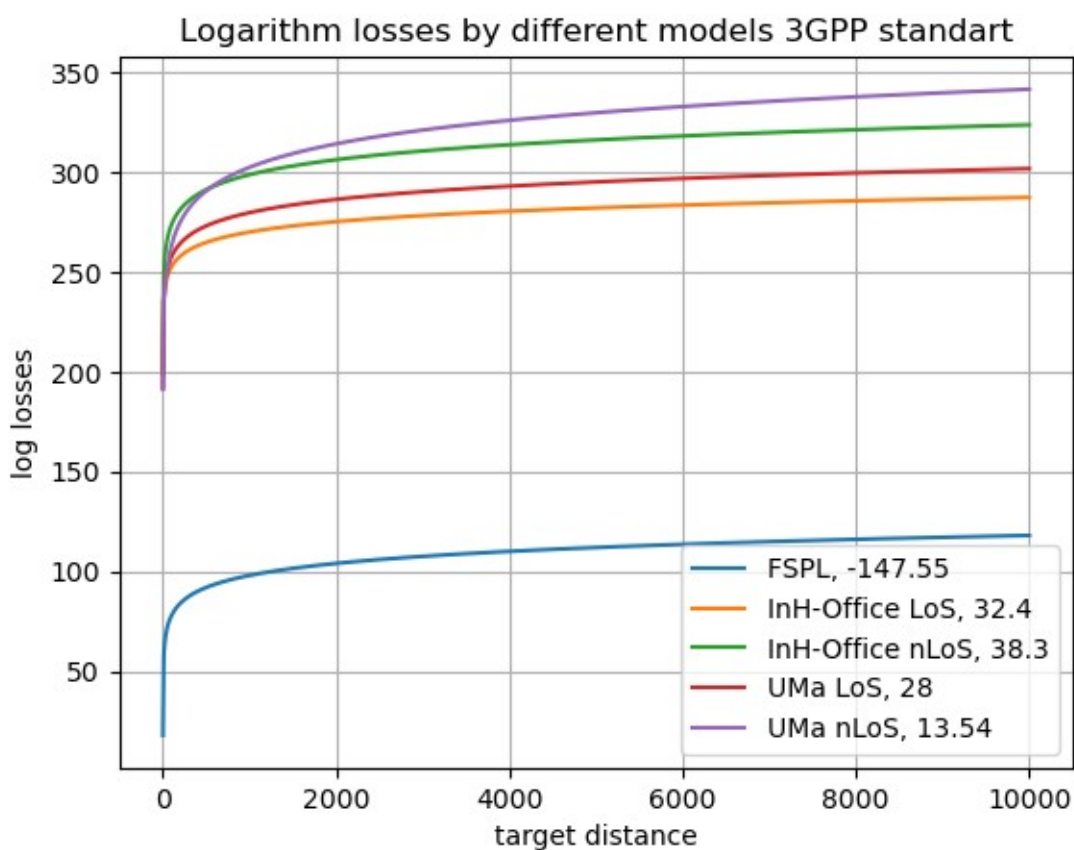
```

```

def InH0fficeNLoS(d, f):
    result = np.zeros(len(d));
    for i in range(len(d)):
        result[i] = 38.3 + 24.9 * math.log10(d[i]) + 20 * math.log10(f);
    return result;

```

В данном пункте были программно описаны некоторые другие предложенные модели распространения из 3GPP. Они действуют по тем же законам, что и FSPL, но рассматривают другую, более реальную, среду. Значения коэффициентов для них приближены к реальным данным и выбраны эмпирически. Различаются данные модели по их функциональной применимости.



Далее приведён график качественного сравнения моделей, в легенде так же указан коэффициент, к которому прибавляются зависимости от расстояния и частоты. FSPL модель, ввиду своего коэффициента, полученного из деления на скорость света, оказывается сильно ниже (по значениям) по сравнению с другими моделями. Для остальных моделей коэффициент подбирался, а поэтому получили результат, приближенный к искомой среде (городская зона/ офисная зона).

Заключение.

По результатам данной работы можно сделать следующие выводы:

1. Модели распространения сигналов, полностью основывающиеся на физических закономерностях не способны учесть в нужной мере реальное расположение препятствий, наличия шумов и пр., что сказывается на итоговом результате.
2. Эмпирические модели более приближены к реальным условиям ввиду их происхождения, однако так же «не видят» разницы между различными городами с различной инфраструктурой. Данные модели, скорее, являются вторым приближением к реальным условиям. Дальнейшие замеры должны проводиться локально и учитывать настоящее положение преград.