

*Отчёт принял:*

---

Должность, уч. степень, звание      подпись, дата      инициалы, фамилия

Отчёт о ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ:

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОКАНАЛА.

*Работу выполнил:*

Студент  
гр. 5025.

Пономаренко-Тимофеев А.А.

---

подпись, дата      инициалы, фамилия

## **Содержание**

<b>1 Техническое задание.</b>	<b>2</b>
<b>A Описание модели канала.</b>	<b>2</b>
Графический вывод программы. . . . .	4
<b>B Проблемы, возникшие при разработке.</b>	<b>4</b>
<b>C Результаты проделанной работы.</b>	<b>5</b>
Время работы программы с постоянным кол-вом. передатчиков. . . . .	5
Время работы программы с кол-вом. передатчиков, равным кол-ву. приёмников. . . . .	5
<b>D Список литературы.</b>	<b>6</b>

# 1 Техническое задание.

Реализовать программу, производящую имитационное моделирование передачи сигналов в радиоканале с множеством приёмников и передатчиков. Вторичной задачей является уменьшение времени работы программы.

## A Описание модели канала.

При написании программы использовались следующие модели с дискретным временем:

Модель 1:

1. Зависимость мощности сигнала  $L$  от расстояния расчитывается по следующему уравнению:

$$L = \frac{100 \cdot P}{d^5 + a}$$

где  $P$  - Мощность передатчика в Вт.

$d$  - Расстояние между передатчиком и приёмником.

$a$  - Значение силы затухания в точке нахождения приёмника.

2. Значения переменной  $a$  в разных точках определяются матрицей случайных гауссовых величин, коррелированных в пространстве.

Модель 2:

1. Зависимость мощности сигнала в этой модели вычисляется по следующей формуле:

$$L = P - (20 \log_{10}(\frac{4\pi}{C/f}) - 2 * H_r + 40 \log_{10}(d))$$

где  $C$  - скорость света (распространения сигнала в среде)

$f$  - частота, на которой идёт передача

$P$  - мощность передатчика в ДБ.

Модель 3:

1. Зависимость мощности сигнала в этой модели вычисляется по следующей формуле:

$$L = P - [40(1 - 4 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta h_b)] \log_{10} R + 18 \log_{10} \Delta h_b - 21 \log_{10} f - 80$$

где  $f$  - частота, на которой идёт передача.

$\Delta h_b$  - разница между высотой антенны передатчика и средней высотой зданий.

$R$  - расстояние между приёмником и передатчиком (км).

Модель 4:

1. Зависимость мощности сигнала в этой модели вычисляется по следующей формуле:

$$L = P + 10 \log_{10}[(\frac{\lambda}{4\pi R})^2] + 10 \log_{10}[\frac{\lambda}{2\pi^2 r}(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{2\pi+\theta})] + 10 \log_{10}[\frac{(2.35)^2 (\Delta h_b \sqrt{\frac{a}{\lambda}})^{1.8}}{R^{2(1-4 \cdot 10^{-3} \Delta h_b)}}]$$

где  $\lambda$  - длина волны, на которой идёт передача.

$\Delta h_b$  - разница между высотой антенны передатчика и средней высотой зданий.

$\theta = \tan^{-1}(\frac{|\delta h_m|}{x})$

$r = \sqrt{(\Delta h_m)^2 - x^2}$   $h_m$  - разница между высотой антенны приёмника и крыши здания.

$x$  - расстояние от передатчика до стены.

$R$  - расстояние между приёмником и передатчиком (км).

При этом, на каждом шаге программы производится решение об удалении абонента из сети и о добавлении абонентов в сеть. Решение об удалении принимается следующим образом:

1. Генерирование величин  $P$ , распределённых по равномерному закону в диапазоне  $[0;1]$  для каждого из абонентов.
2. Сравнение всех сгенерированных величин с заданной вероятностью исчезновения.
3. Те абоненты, для которых значение величины  $P$  меньше вероятности исчезновения, удаляются.

Количество подключаемых за один шаг абонентов определяется геометрическим распределением с задаваемым параметром  $P$ :

1. Вероятность подключения  $i$  абонентов вычисляется по следующей формуле:  $p^i \cdot (1 - p)$ .
2. Математическое ожидание (среднее количество абонентов подключающихся за один шаг) определяется по следующей формуле:  $M = \frac{P}{1-P}$

На вход программе подаются параметры моделирования, такие как:

1. Количество приёмников и передатчиков.
2. Размер решётки для моделирования, высота/ширина.
3. Использование графического вывода.
4. Использование вывода в файл с указанием названия файла.
5. Ввод из файла приёмников и передатчиков.
6. Тип модели, который будет рассчитываться.
7. Вероятность появления нового абонента в сети.
8. Значение параметра  $p$  для геометрического распределения.
9. Запрос краткой справки.

Генерирование координат источников и передатчиков происходит по равномерному закону распределения. На начальной стадии разработки каждому передатчику сопоставлялся приёмник (абонент). Так, при расчёте проверялось, принадлежит ли абонент данному передатчику. Если принадлежит, то мощность передатчика относилась к сигналу, если абонент не принадлежал передатчику, то мощность относилась к шуму. Результатом моделирования являются уровни отношения сигнал/шум для каждого из абонентов. При генерирования матрицы величин "а" использовалась нереалистичная модель, т.е. некоррелированные гауссовские величины.

В программе реализован вывод на экран приемников и передатчиков. Цвет антенны приёмника зависит от силы сигнала, который он принимает. Синяя антenna соответствует передатчику, серая линия, соединяющая приёмник с передатчиком, показывает, какой приёмник соответствует передатчику и наоборот. Рядом с приёмниками и передатчиками выводятся их порядковые номера, ниже представлен снимок окна программы.

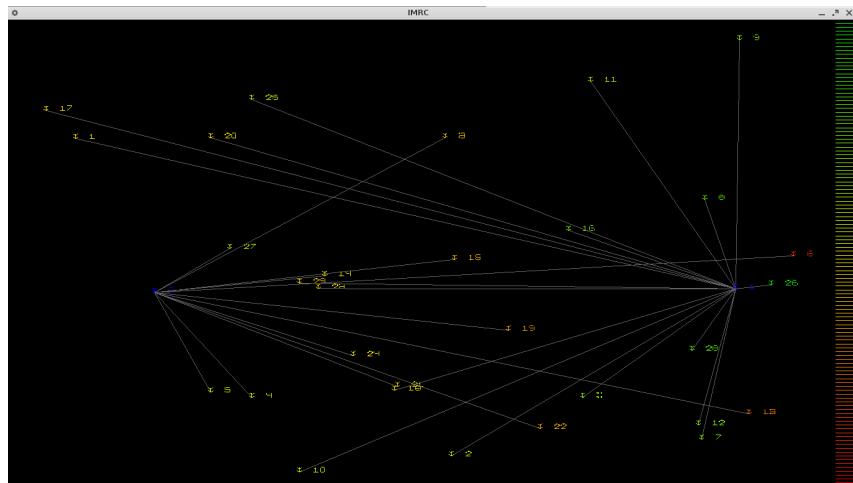


Рис. 1: Графический вывод программы.

Последняя версия программы работает по следующему алгоритму:

1. Обработка параметров командной строки.
  2. Подготовка данных модели, генерирование передатчиков и приёмников, матрицы затуханий.
  3. Обсчёт модели, на данном пункте следует заострить внимание. Программа узнаёт сколько рабочих ядер на процессоре используемой машины при помощи функции `sysconf`. При расчёте модели рассматривается необходимость обсчёта конкретного абонента, если абонент не изменил свои координаты и при этом не произошло изменений в параметрах точек доступа, то мощность сигнала для абонента не рассчитывается.

## В Проблемы, возникшие при разработке.

При попытке ускорения работы программы был использован метод параллельных вычислений. Была использована библиотека Posix Threads и OpenMP. При написании первой версии поточной программы не было необходимости в использовании механизмов защиты памяти от "гонок" потоков, так как запись происходила в разные сегменты памяти. Однако, ускорения работы программы не только не произошло, программа начала работать медленнее. Была рассмотрена возможная причина такого поведения программы, заключавшаяся в конфликте при считывании данных из памяти. Были так же рассмотрены несколько решений данной проблемы:

1. Выделять дополнительную память для копий конфликтных областей в отдельных потоках, передавая указатели на области памяти в потоки. Данный способ позволил выделить память с разными адресами, однако к желаемому результату это не привело.
  2. Выделять память страницами, т.е., получить размер страницы памяти, выделить необходимое кол-во страниц для хранения массива и скопировать массив в данную область. Указатель на выделенную область далее передаётся в поток, к ускорению программы это также не привело.

В процессе решения данной проблемы я пытался рассмотреть такой аспект как человеческий фактор, т.е. ошибка при программировании распределения потоков. Я воспользовался библиотекой OpenMP, так как задание параметров распараллеливания в ней производится весьма простым методом (при помощи директивы компилятора `#pragma`). Но, к сожалению, данная попытка обернулась неудачей. Однако, в результате рассмотрения уже написанного кода и написания нового кода удалось добиться ускорения почти в два раза. Причина ошибки не была установлена.

## C Результаты проделанной работы.

Ниже приведены примеры времени работы программы с потоками и без для разных количеств приёмников и передатчиков. Измерение времени работы производилось при помощи утилиты `time`, при этом, количество приёмников и передатчиков не менялось. Считаю нужным заметить, что при симуляции нескольких шагов выигрыш от многопоточности переходит в проигрыш. Однако, я также заметил, что при увеличении количества приёмников до определённого значения многопоточная версия снова работает быстрее.

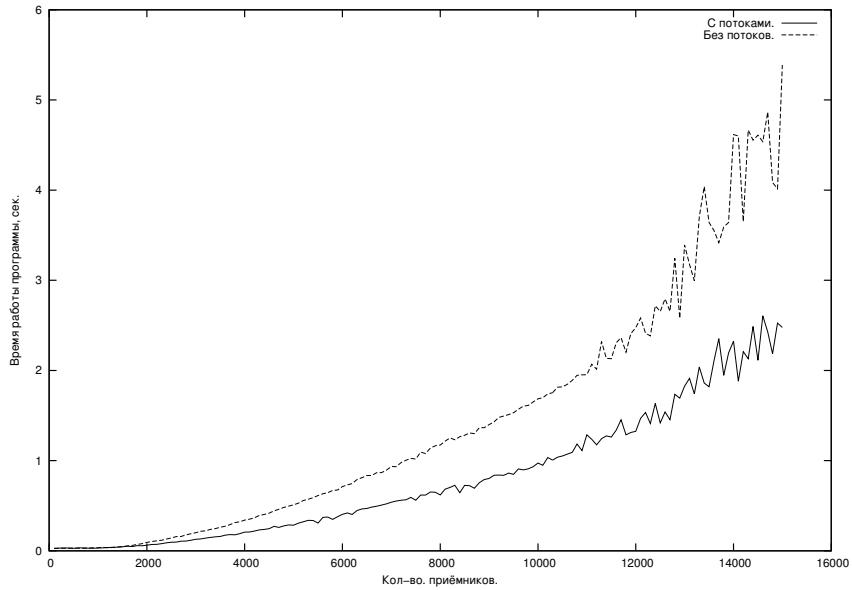


Рис. 2: Время работы программы с постоянным кол-вом. передатчиков.

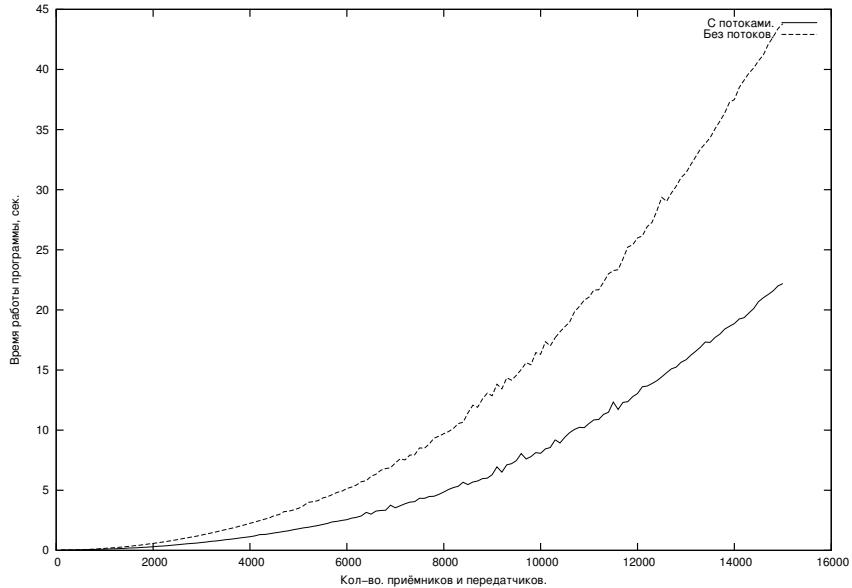


Рис. 3: Время работы программы с кол-вом. передатчиков, равным кол-ву. приёмников.

## **D Список литературы.**

1. GUIDELINES FOR EVALUATION OF RADIO TRANSMISSION TECHNOLOGIES FOR IMT-2000.