

## Исследование фракталов в применении к классу электрически малых антенн

Научный руководитель – Трубочкина Надежда Константиновна

*Белкин Вячеслав Дмитриевич*

*Студент (магистр)*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Факультет компьютерных наук, Москва, Россия

*E-mail: belkin-vd@mail.ru*

Фракталы являются математическими множествами, обладающими свойствами самоподобия и представляют собой множество точек в евклидовом пространстве, имеющих дробную метрическую размерность. Сегодня изучены свойства фракталов, выработаны различные алгоритмы их построения и, определены различные отрасли применения. Так, прикладными задачами являются: сжатие графических файлов; диагностика и лечение заболеваний мышц и бронхов; поиск и анализ месторождений полезных ископаемых; средства визуализации.

Фракталы могут использоваться как класс электрически малых антенн (ЭМА). Отличительными особенностями класса ЭМА является её геометрия, основанная на фрактальном множестве, а не на евклидовой геометрии. Антенна данного класса может обеспечивать хорошую широкополосную производительность, а конструктивно выполнена в небольшом форм-факторе.

Целью работы автора являлась разработка и исследование печатной фрактальной антенны на основе известных фракталов для обеспечения связи между сетевым маршрутизатором и приемниками в частотном диапазоне 2.4 ГГц/5 ГГц.

Для достижения цели был решен ряд задач. Первоначально был проведен обзор и анализ существующих решений на рынке фрактальных антенн, а также исследованы технологии изготовления печатных антенн.

Первой частью работы являлась разработка примитивного программного модуля для генерации кривой Коха, а также треугольника и ковра Серпинского на различных итерациях построения. Далее было проведено моделирование антенн в программной среде ANSYS HFSS. На основе анализа расчетов, стали определены основные характеристики для каждого конструктивного исполнения антенны.

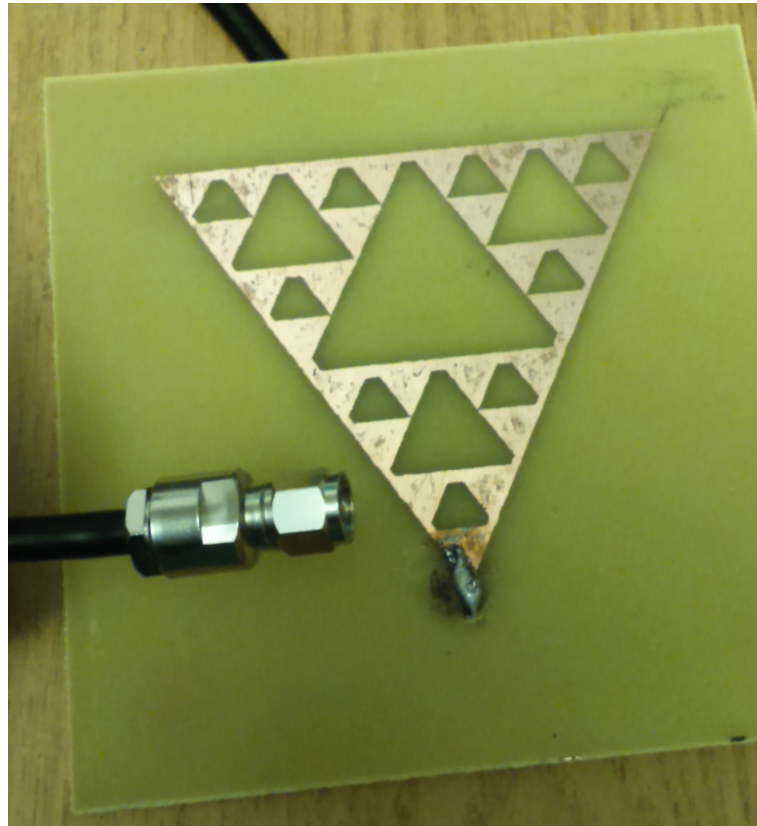
Второй частью работы являлась выработка технологии изготовления печатной фрактальной антенны. Были выделены следующие этапы: а) определение состава и характеристик необходимых компонентов; б) расчет размеров антенны; в) перевод рисунков антенн на бумагу; г) перевод бумажных рисунков на стеклотекстолит; д) травление стеклотекстолита; е) пайка кабеля и лужение.

Последней частью работы стало изготовление печатных фрактальных антенн в количестве 9 штук: 3 итераций для кривой Коха, треугольника и ковра Серпинского (Рис. 1). Было выполнено экспериментальное тестирование изготовленных печатных фрактальных антенн (Рис. 2).

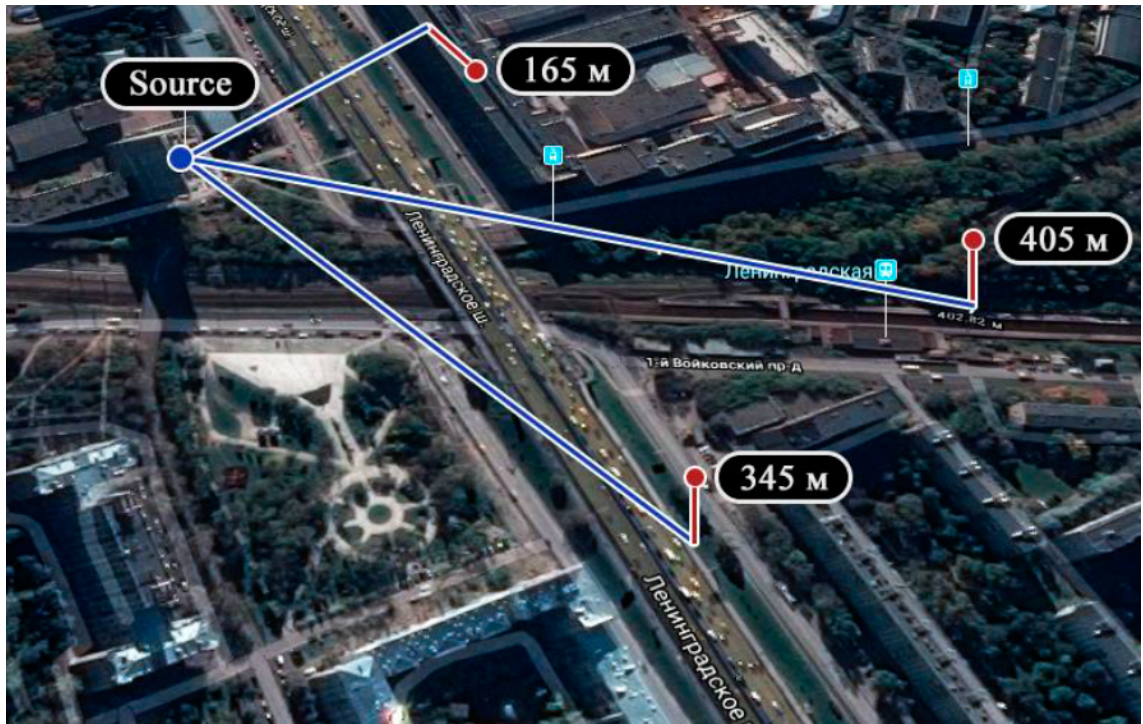
В результате сравнения численных результатов моделирования и экспериментальных тестов была определена лучшая конструкция печатной антенны. Экспериментальные наблюдения по показателю уровня принимаемого сигнала говорят о вытянутом основном луче излучаемого сигнала (основной лепесток) и слабо выраженном заднем и боковых лепестках. В сравнении с традиционными антеннами сетевых маршрутизаторов, печатная фрактальная антенна показала лучший результат. Однако, это справедливо для сельской местности, где количество помех было заметно меньше.

Основные выводы заключаются в приоритетности использования данного класса антенн в условиях близких к отсутствию помех (на открытых пространствах) в прикладных задачах, где сетевые устройства имеют направленную связь.

### Иллюстрации



**Рис. 1.** Один из образцов изготовленных фрактальных антенн



**Рис. 2.** Расстояние между устройствами с успешным подключением в городских условиях на одном из вариантов антенн