



А.А. Темирбаев, Т.А. Намазбаев, А.К. Иманбаева,  
М.А. Мархабаев, С.А. Капурнова

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНИЗОТРОПНОЙ ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

(Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической  
физики Казахского национального университета им. аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан)

Антенные устройства являются неотъемлемой частью всех систем связи. В связи с бурным развитием этой отрасли к современным антеннам предъявляются следующие требования: широкополосность и сверхширокополосность, как можно более широкие диаграммы направленности и малые размеры. На данном этапе развития к основным проблемам беспроводных систем связи можно отнести передачу видеоданных, определение местоположения абонента, загрузку множества мобильных приложений с обслуживанием возможно большего числа пользователей и др. При этом сейчас эти проблемы решаются в условиях ограничений на такие основные ресурсы, как спектр и мощность.

Для решения этих проблем в мире проводятся различного рода работ по созданию универсальных антенн, которые смогут обеспечить необходимые характеристики, соответствующие рабочим частотам. Среди антенн, удовлетворяющих этим условиям, можно назвать фрактальные антенны, которые имеют малые размеры и являются многодиапазонными [1-3]. Однако, в настоящее время теория фрактальных антенн не до конца развита, в соответствии с чем возникает много трудностей и при их разработке. В основе теории синтеза фрактальных антенн лежит идея реализации характеристик излучения структур, повторяющихся на разных масштабах. При этом, разнообразие фрактальных объектов открывает дополнительные структурные и электродинамические возможности в проектировании антенн.

Целью данного доклада является компьютерное моделирование антенны на основе анизотропного фрактала, впервые предложенной З.Ж.Жанабаевым [4]. Данный фрактал формируется анизотропной структурой с увеличением номера итерации  $N$  части фрактала (П-образный). Структуры появляются только в одном направлении, при этом боковые отрезки не меняют форму и длину (рис.1). В таком фрактале самоподобие наблюдается с участием 5 отрезков, то есть  $N(\delta) = 5$ , также коэффициент масштаба  $\delta=3$ . Размерность данного фрактала равна 1,465. Моделирование антенны проводилось в программном пакете HFSS, которая предназначена для получения S-параметров и трехмерного моделирования электромагнитного поля методом конечных элементов [5].



При моделировании и анализе антенн была рассмотрена не только структура фрактала, так же исследовалось влияние диэлектрической подложки на изменение основных характеристик антенн. В результате моделирования получены графики соотношения изменения частот от разных типов подложки. Как выяснилось, получаемый диапазон частот зависит не только от фрактальной структуры но и от типа подложки, именно от диэлектрической проницаемости подложки.

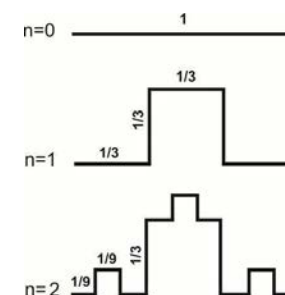


Рисунок 1. Первые две итерации анизотропного фрактала

Предварительные результаты моделирования показали, что при правильном подборе размеров и тип подложки данная антенна показывает свойства широкополосности и может быть использована в беспроводных технологиях Wi-Fi, GPS.

На рисунке 2 показан вид и размеры планарной антенны сделанный на основе второй итерации анизотропного фрактала. На рисунке 3 показан S-параметр антенны соответствующей второй итерации фрактала.

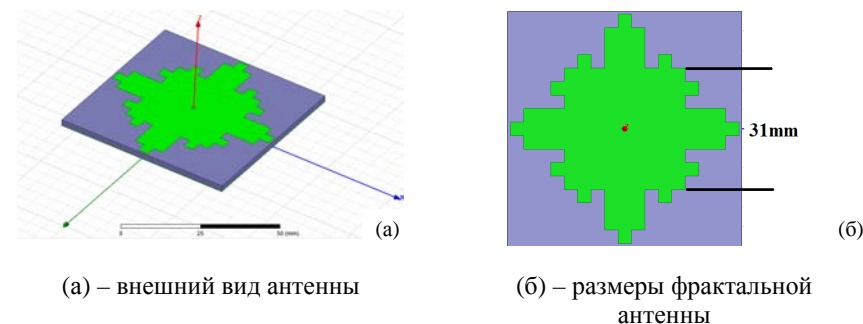


Рисунок 2. Антенна на основе анизотропного фрактала для работы в частотном диапазоне GPS устройств

Данная фрактальная антенна была образована из квадратного основания размерами 31x31 мм.

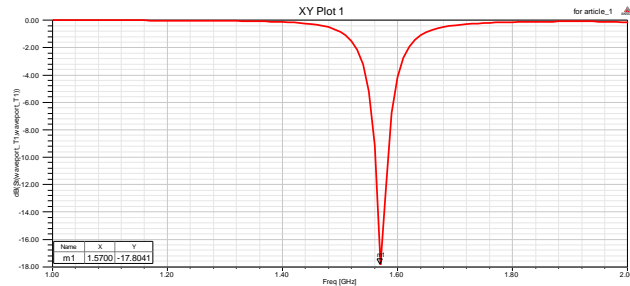


Рисунок 3. S-параметр антенны соответствующей второй итерации анизотропного фрактала 31x31 мм

На рисунке 4 показан вид и размеры планарной антенны сделанный на основе второй итерации анизотропного фрактала имеющая размеры 26,2x26,2 мм. На рисунке 5 приведён соответствующий S-параметр антенны. Как видно из этого рисунка резонансная частота антенны соответствует частоте 2,4 ГГц. Данная частота является нелицензируемой и основной для работы многих беспроводных систем связи. При моделировании антенн на основе анизотропного фрактала была использована подложка Rogers RO3006 (tm) с диэлектрической проницаемостью 6,15.

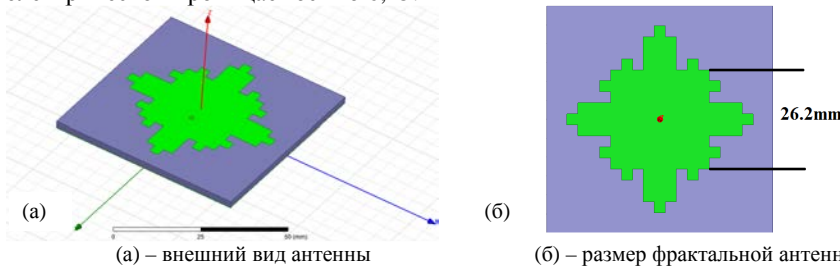


Рисунок 4. Антенна на основе анизотропного фрактала для работы в частотном диапазоне Wi-Fi устройств

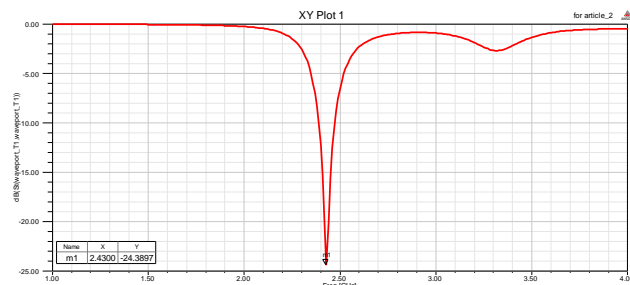


Рисунок 5. S-параметр антенны соответствующей второй итерации анизотропного фрактала с размерами 26,2x26,2 мм



На рисунке 6 показаны двухмерные и трехмерные диаграммы направленности последней антенны.

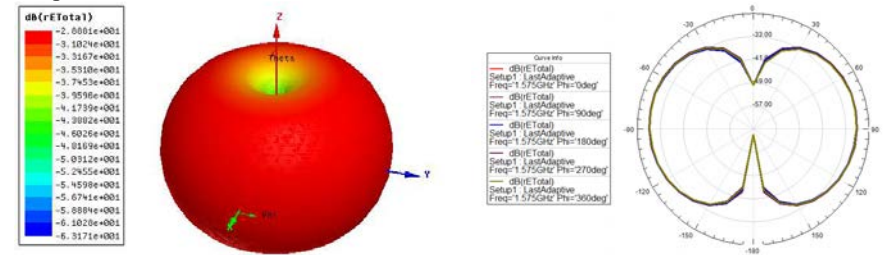


Рисунок 6. Двухмерные и трехмерные диаграммы направленности антенны

Из диаграмм направленностей видно, что она почти круговая. Из вертикальной диаграммы направленности видно, что главный и задний лепестки расположены симметрично. На рисунке 7 показана горизонтальная (азимутальная) диаграмма направленности. Она также похожа диаграмме вертикальной направленности антенны

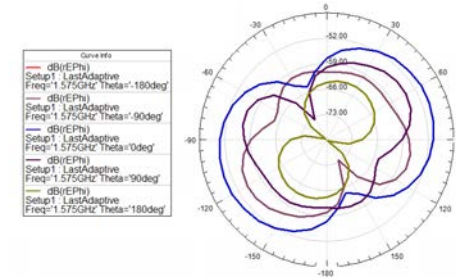


Рисунок 7. Азимутальная диаграмма направленности

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что при некоторых итерациях фрактала в антенне может присутствовать широкополосность, при этом данное свойство наблюдается при высоких итерациях. Надо отметить, что моделирование фрактальных антенн проводилось без использования рефлекторов, чем и объясняется круговая форма диаграмм направленности.

Исследованная фрактальная антенна может быть использована в беспроводных технологиях как сотовая связь, LTE 4G, WIMAX. Для этого должны быть учтены соответствующие частоты при конструировании. Из-за свойства многочастотности фрактальной антенны есть возможность конструирования антенн соответствующих нескольким беспроводным технологиям.



### Литература

1. Kumar R., Sawant K.K. On the Design of Circular Fractal Antenna with U-Shape Slot in CPW-Feed // Wireless Engineering and Technology. – 2010. – Vol. 1. – P. 81-87.
2. Azari A. A New Fractal Antenna for Super Wideband Applications // Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings. – 2010. – Vol. 2. – P. 885-888.
3. Потапов А.А. Фракталы, скейлинг и дробные операторы в физике и радиотехнике // Радиоэлектроника, наносистемы, информационные технологии. – 2009. – Т.1, № 1–2. – С.64-108.
4. Zhanabaev Z.Zh. Information properties of self-organizing systems // Rep. Nat. Acad. Of Science RK. – 1996. - №5. – P.14-19.
5. <http://ansoft-hfss.software.informer.com/>

Р.Р. Халиулин, Д.Ю. Полукаров

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ АЛГОРИТМОМ МАРШРУТИЗАЦИИ В СРЕДЕ OMNeT++

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва)

Современные условия эксплуатации сетей передачи данных предъявляют повышенные требования к сетевому оборудованию. Для удовлетворения данных требований, разрабатываются новые алгоритмы маршрутизации[1].

Перед вводом в эксплуатацию, требуется промоделировать работу данных алгоритмов в различных режимах и конфигурациях[2]. Для этого применяются различные пакеты моделирования сетей передачи данных[3, 4].

Цель данной работы заключается в создании модели маршрутизатора, позволяющей пользователю формировать произвольный алгоритм маршрутизации.

Значение метрики для заданных параметров высчитывается на основе файла с «табличными» данными.

Формат данных определяется структурой файла, который описывает метрику. В первой строке файла представлен список параметров, от которых зависит значение метрики. Параметры условно разделены на «основные» и «второстепенные». Основных параметров — 2, все остальные — второстепенные.

Далее описываются блоки данных. Каждый блок данных характеризуется уникальным набором значений ранее определенного списка параметров. В первой строке этого блока описаны значения второстепенных параметров. В последующих строках в виде таблицы представлены значения метрики. Каждый столбец характеризуется своим значением 1-ого основного параметра, а каждая строка — значением 2-ого основного параметра. Таким образом в ячейке [n, m]



содержится значение метрики при ранее заданных значениях второстепенных параметров, n-ом значении 1-ого основного параметра и m-ом значении 2-ого основного параметра.

В качестве прототипа нашей модели был взят маршрутизатор реализованный в работе[5]. В ней представлена рабочая версия протокола маршрутизации EIGRP для системы моделирования OMNeT++.

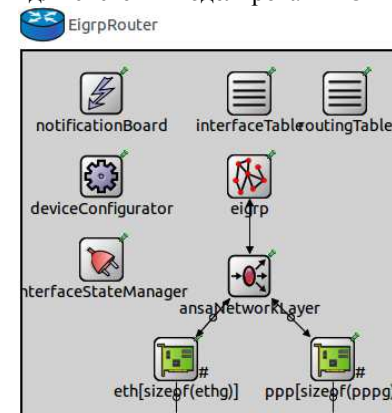


Рис.1 - Модель EIGRP-маршрутизатора в OMNeT++ [5]

Для определения оптимального пути передачи данных в сети используется метрика. В упомянутой выше работе метрика рассчитывается по заранее заданной формуле:

$$(K1 * Bw + (K2 * Bw) / (256 - L0) + K3 * D1) * (K5 / (Re + K4)),$$

где Bw — минимальная пропускная способность на данном участке пути;

D1 — суммарная задержка на данном участке пути;

L0 — максимальная нагрузка трафика в диапазоне от 1 до 255 на точку назначения;

Re — минимальная надежность в диапазоне от 1 до 255 на данном участке пути;

K1-K6 — коэффициенты.

Однако данный подход не применим, если значение метрики невозможно выразить аналитически, поэтому в данной работе применяется измененный метод расчета, основанный на наборе табличных значений метрики, с возможностью корректировки в случае, если нет точного значения метрики для заданных значений параметров.

Таким образом, при старте работы программы происходит загрузка значений метрики из файла, далее каждый маршрутизатор инициализируется набором значений переменных, и для него рассчитывается метрика.