

УДК 535.421

ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБМЕН В СОТОВЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

©*Ташполотов Ы. Т.*, д-р физ.-мат. наук, Ошский государственный университет,
г. Ош, Кыргызстан, *itashpolotov@mail.ru*

©*Абдыраева Н. Р.*, Ошский технологический университет,
г. Ош, Кыргызстан, *abdiraevanuripa@mail.ru*

FRACTAL DIMENSION AND INFORMATION EXCHANGE IN THE CELLULAR NETWORK

©*Tashpolotov Y.*, Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, *itashpolotov@mail.ru*

©*Abdyraeva N.*, Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, *abdiraevanuripa@mail.ru*

Аннотация. Статья посвящена вопросам анализа топологии сотовых сетей связи с применением новых методов фрактальной геометрии. В работе приведено численное моделирование фрактальной размерности базовых станций микрорайона Курманжан–Датка г. Ош. Показано, что для эффективного анализа свойств сотовых сетей использована ГИС система. Исследована и определена фрактальная размерность зоны обслуживания базовых станций вышеуказанного района г. Ош.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the topology of cellular communication networks using new methods of fractal geometry. In this paper is given the numerical modelling of the fractal dimension of the base stations of the Kurmanzhan–Datka micro–district of city Osh. It is shown that for effective analysis of cellular network properties used GIS system. The fractal dimension of the service area of the base stations of the above-mentioned district of Osh is investigated and determined.

Ключевые слова: фрактальная размерность, базовая станция, сотовая сеть, топология, информационный обмен данными.

Keywords: the fractal dimension, base station, a cellular network, topology, information exchange of data.

Введение. Постановка задачи

Развитие систем сотовой связи увеличивает абонентов посредством обмена информацией, поэтому возникает необходимость организации новых каналов связи, что определяет формирование сложных геометрических структурных сетей этой системы. Поскольку перегрузка каналов связи вызывает задержку в информации во время передачи и потери сигнала.

Известно, что дальнейшее расширение сетей и динамический рост абонентов приводят к ограничению возможностей обычного метода моделирования и оптимизации [2]. В этой связи актуальна проблема анализа систем сотовой связи, изучения их новых характеристик, которые в основном связаны с большими размерами и сложной геометрией или топологией.

В связи с этим необходимо исследовать зависимость данных в сетях сотовой связи от их топологической структуры, имеющих фрактальную природу [2]. Сотовая сеть, о которой идет

речь, несмотря на ее внешнюю нерегулярную структуру, характеризуется фундаментальным порядком, обусловленным внешними ограничениями и моделью роста. Это обстоятельство позволяет использовать метод определения размерности топологии этих сетей, основанный на применении свойств автомодельности и самоподобности, присущих фракталам. Рассматриваемые базовые станции этой сети можно рассматривать как набор вложенных точек в пространстве, и поэтому мы можем утверждать, что размерность этого множества точек имеет дробную или фрактальную размерность [2, 3].

Информационно-коммуникационные свойства большого количества сотовых сетей качественно и количественно отличаются от свойств проводного соединения [3]. Например, в сетевых структурах с различными базовыми станциями появляются совершенно новые свойства, такие как конкурентоспособность, живучесть, надежность, множественность путей доставки сообщений пользователю, нестабильность, конфликт и т. д.

Принимая во внимание сети сотовой связи в виде фрактальных структур, как комбинация большого числа распределенных объектов, взаимодействующих через каналы связи, находим общие закономерности в обмене информацией в зависимости от фрактальной размерности их топологии.

Концепция размерности сетевой топологии, основанная на концепции фракталов, также является мощным математическим инструментом для количественного сравнения, анализа и синтеза различных сетевых топологий [2, 3]. Например, задача покрытия данной территории сетью узлов сотовых узлов, обеспечивающих стабильное соединение, может быть решена как задача суммирования соответствующей топологии сети требуемой фрактальной размерности.

Работа посвящена моделированию и анализу информационного обмена данными в сотовых сетях в соответствии с их топологической структурой.

При описании сотовых сетей сложность моделирования заключается в том, что интенсивность обмена информацией варьируется в разных областях зоны обслуживания. Интенсивность обмена информацией в отдельных областях может быть оценена с использованием географических и демографических характеристик зоны обслуживания. Распределение плотности населения в зонах обслуживания определяет интенсивность обмена информацией по данным. В результате сетевые узлы сконцентрированы в областях обмена информацией с высокой интенсивностью (высокой пользовательской плотности) и редко встречаются в областях с низкой интенсивностью (с низкой плотностью пользователя). Например, для получения одного из основных сетевых элементов эффективной сети мобильной раскладки (базовых станций и центра связи) должно располагаться вблизи предполагаемых источников информации.

Например, сети связи, такие как транспортные сети и сети сотовой связи, способствуют развитию и росту городов с сильной обратной связью. Поэтому нужно иметь представление о связи базовых станций, имеющих отношение к географической геометрии улиц и районов. Геометрия городских зданий определяется топологией сетей связи сотовых систем.

Поэтому с целью данной работы является моделирование фрактальной размерности сотовых сетей связи г.Ош.

Решение задачи

Применение методов фрактальной геометрии для моделирования сотовых сетей связи позволяет изучать динамику роста сетей и дает новых методов для анализа систем. При этом представляет интерес определения зависимости свойств сетей от фрактальной размерности развивающихся сотовых сетей для предсказания развитий и повышений эффективности использования.

Коммуникационная инфраструктура базовых станций тесно взаимосвязана с топологией города.

В работе объектом исследования был выбран коммуникационная сеть сотовой системы связи микрорайона Курманжан-Датка г. Ош, показанная на Рисунке 1 [1].

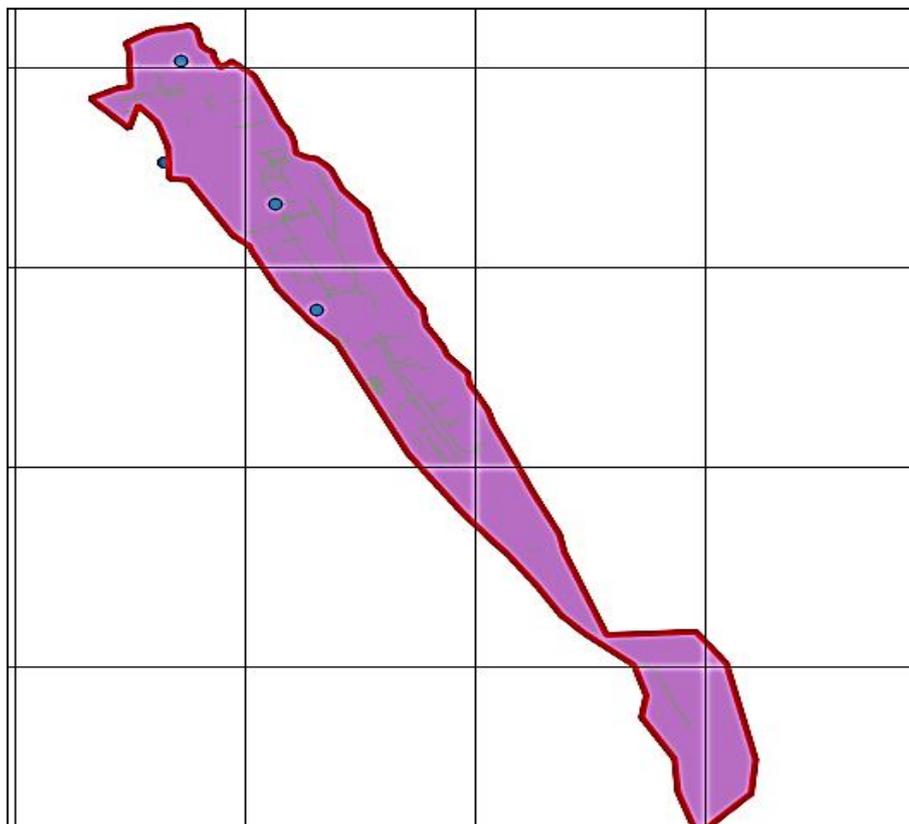


Рисунок 1. Карта расположения базовых станций сотовой системы связи микрорайона Курманжан-Датка г. Ош

С использованием программного пакета QGIS была определена фрактальная размерность базовых станций микрорайона Курманжан-Датка г. Ош. На Рисунке 2, в таблице показано что, фрактальная размерность составляет $D=1,22$.

Id	name	name_1	NumberofCr	mink_dem
0		Курманжанд	21	1.224090460418...

Рисунок 2. Таблица расчетов

На основе полученной фрактальной размерности (D_0) микрорайона Курманжан-Датка г. Ош можно утверждать, что для оптимального покрытия сетей связи его топология должна координироваться с топологией объекта [2, 3]. Для этого должно выполняться следующее условие: $D_c \geq D_0$, где D_c — размер сети связи. Так как сотовая система, считающаяся с высокой связностью ветвей, принимает множество маршрутов для доставки сообщений

получателю. Исходя из определения фрактальной размерности для всех точек (узлов), образующих гладкую линию, евклидовы и фрактальные размеры совпадают $D_E = D_F = 1$. При этом достигается самый короткий способ доставки сообщения получателю и, как результат, самый короткий срок доставки [2, 3].

Если фрактальная размерность, отличается от целого ($D_F \neq D_E$), то D_F характеризует объекты более сложной и гетерогенной структуры. Таким образом, в общем случае сетевая топология имеет фрактальную размерность и в этом случае сетевые узлы образуют плоскую фигуру с фрактальной размерностью $D_F = 1 < D_{Fi} < 2$. Также отметим, что, чем больше узлов сети, тем ближе размер топологии сети к 2 [3].

Это обстоятельство определяет множество маршрутов доставки сообщений получателю. В зависимости от занятости узлов сети изменяется путь доставки сообщения и, следовательно, зона, которая ограничивает этот путь. В результате фрактальная размерность данной области D_{Fi} изменяется [3].

Данное обстоятельство определяет множественность маршрутов доставки сообщений до получателя. В зависимости от занятия узлов сети изменяется путь доставки сообщений, а соответственно и область, ограничивающая этот путь. Следовательно, изменяется фрактальная размерность данной области D_{Fi} [3].

Таким образом, вычисляя размерность топологии сети D_s , можно количественно выразить, например, системные свойства сети и найти общую информацию о закономерностях движения данных как функции $f(D)$.

Применение методов фрактальной геометрии для моделирования сетей сотовой связи позволяет изучать рост сетей и дает новые методы для их анализа на системном уровне. В то же время интересно определить зависимость сетевых свойств от фрактальной размерности развития сотовых сетей, чтобы предсказать их развитие и повысить эффективность их использования.

Время задержки сообщений является важным фактором, определяющий производительность сети. Под задержкой сообщений понимается время, за которое сообщение проходит путь от его источника через сеть до получателя, т.е. время, проводимое сообщением в сети. Представляет теоретический и практический интерес зависимость задержки сообщений от топологии сети.

Поэтому в данной работе полагая, что коммуникационная инфраструктура (транспортные сети, сети сотовых станций и других телекоммуникаций и т.д.) тесно взаимосвязана с топологией города, в качестве объекта исследования была выбрана коммуникационная сеть сотовой связи микрорайона Курманжан-Датка г. Ош [1].

Результат моделирования показывает, что фрактальная размерность больше 1.

Исследование показало, что низкие значения интенсивности ввода, когда интенсивность информации в сети и узлы занятости малы, время доставки сообщения в основном определяется топологией сети.

При увеличении скорости ввода, несмотря на множественность каналов распространения сообщений для получателя, увеличение сетевой нагрузки и на первом этапе из сетевых параметров, таких как время приема на длину сети и сообщение, путь, пройденный этими сообщениями по всей сети и т. д.

Выводы

Таким образом, путь доставки сообщений в сотовых сетях связи зависят от их топологии. Для сложных топологических структур фрактальная размерность является

основной характеристикой сети для моделирования и для описания распределенной информации в топологическом смысле сетей.

Поэтому — полученный результат позволяет использовать фрактальную размерность как числовую характеристику для анализа информационных свойств сетей.

С применением методов фрактальной геометрии для исследования задержек в сотовых сетях можно изучать закономерность движений информационного обмена данных и предсказать развития и повышения эффективности использования этих сетей.

Результат проведенных исследований показал, что метод, основанный на фрактальной геометрии, позволяет сравнить, анализировать и синтезировать сотовых сетей как сложную сеть.

Таким образом, определение фрактальной размерности базовых станций в сотовых сетях позволяет оператором сотовых сетей оптимизировать при планировании и создании новых сетей связи.

Список литературы:

1. Абдыраева Н. Р. Анализ существующих базовых станций города Ош с применением ГИС-технологий // Наука. Образование. Техника. 2016, № 1. С. 10-16.
2. Евдокимов Ю. К., Шахтурин Д. В. Фрактальный характер топологии сложных сетей // Материалы IV Междунар. конф. «Методы и средства управления технологическими процессами». Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. 2007. С. 244-251.
3. Евдокимов Ю. К., Потапов А. А., Шахтурин Д. В. Фрактальное моделирование задержек сообщений в больших сетях // Нелинейный мир. 2008. Т. 6. №. 8. С. 42-50.

References:

1. Abdyrayeva, N. R. (2016). Analysis of existing base stations of Osh city with application of GIS technologies. *Science. Education. Equipment*, (1). 10-16.
2. Evdokimov, Yu. K., & Shakhturin, D. V. (2007). Fractal character of the topology of complex networks. *Proceedings IV Intern. Conf. "Methods and means of control of technological processes"*. Saransk: *Publishing house of the Mordovian University*, 244-251.
3. Evdokimov, Yu. K., Potapov, A. A., & Shakhturin, D. V. (2008). Fractal modeling of message delays in large networks. *The nonlinear world*, 6 (8), 42-50.

*Работа поступила
в редакцию 16.05.2018 г.*

*Принята к публикации
20.06.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Ташполотов Ы. Т., Абдыраева Н. Р. Фрактальная размерность и информационный обмен в сотовых сетях связи // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №7. С. 198-202. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/tashpolotov-1> (дата обращения 15.07.2018).

Cite as (APA):

Tashpolotov, Y., & Abdyrayeva, N. (2018). Fractal dimension and information exchange in the cellular network. *Bulletin of Science and Practice*, 4(7), 198-202.