



Отзыв

на автореферат диссертации Тонких Евгения Викторовича на тему «Разработка и исследование методов планирования сетей связи высокой плотности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Уплотнение сетевой инфраструктуры, включая опорные и пользовательские устройства, является объективным следствием эволюции инфокоммуникационных технологий распределения информации при переходе к сетям пятого и последующих поколений. Суть эволюции на современном этапе развития обусловлена рядом принципиально новых подходов к построению и функционированию сетей связи, включая концепции Интернета Вещей (ИВ), Тактильного Интернета, децентрализованные режимы связи устройство-устройство D2D (Device-to-Device), а также связь с ультрамалыми задержками. Единственной архитектурой сетевого взаимодействия, способной реализовать данные концепции, являются самоорганизующиеся сети связи высокой плотности. Традиционные подходы к планированию сетей радиодоступа предыдущих поколений, основанные на управлении радиоресурсами с целью поддержания допустимого уровня внутрисистемных помех, эффективно решают свои задачи в масштабах географической протяженности макро, микро и пикосот. Однако при переходе к перспективным пятого и последующих поколений, в которых плотность устройств может достигать до одного миллиона на один квадратный километр, существующие методологические подходы, основанные на поддержании допустимого уровня помех в сети радиодоступа, неизбежно потребуют основательной актуализации. Учитывая изложенные обстоятельства, диссертация Тонких Евгения Викторовича на тему «Разработка и исследование методов планирования сетей связи высокой плотности», рассматривающая методологию фрактальных фигур для моделирования территориального распределения

Tampere University
FI-33014

Tampere University, Finland
Tel. +358 (0) 294 52 11
Business ID 2844561-8

Tampere University of
Applied Sciences
Kuntokatu 3,
FI-33520 Tampere
Tel. +358 (0) 294 52 22
Business ID 1015428-1



18.11.2021
Department

устройств и планирования сверхплотных сетей радиодоступа пятого и последующих поколений, является одной из первых отечественных работ, показывающих практический эффект от применения данного подхода, и представляется несомненно актуальной.

Судя по автореферату, диссертация содержит следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Предложен метод планирования полносвязной сети Ad Hoc высокой плотности до 1 млн устройств на один 1 м² в условиях однородной структуры пространства окружения, отличающийся тем, что полная связность сети доказана на основе теоремы Эрдеша-Реньи, а в качестве модели сети используется модель, включающая область сигналов и область помех, радиус связи устройства составляет 10 м.
2. Предложен метод планирования сети связи, отличающийся тем, что при планировании сети связи высокой плотности учитывается самоподобная структура неоднородного пространства окружения сети путем использования геометрических фракталов, при этом для планирования высокоплотной сети была использована кривая Гильберта, что позволяет с достаточной для практики степенью точности учесть неоднородность пространства окружения планируемой сети.
3. В отличие от известных методов планирования сетей связи для планирования сети высокой плотности при использовании кривой Гильберта предложено вести параметр условной ширины кривой, что позволяет оценивать площадь, занимаемую строениями, стенами и иными элементами пространства окружения планируемой сети связи высокой плотности.
4. Сравнение результатов имитационного моделирования высокоплотных сетей для метода планирования сети с использованием фрактальной кривой Гильберта, учитывающего неоднородную структуру пространства окружения сети, доказало, что для этого метода требуется более, чем в два раза меньшее число транзитов при маршрутизации сообщений по сравнению с

Tampere University
FI-33014

Tampere University, Finland
Tel. +358 (0) 294 52 11
Business ID 2844561-8

Tampere University of
Applied Sciences
Kuntokatu 3,
FI-33520 Tampere
Tel. +358 (0) 294 52 22
Business ID 1015428-1



18.11.2021
Department

методом планирования сети, предполагающим однородную структуру пространства окружения.

5. Установлено в отличие от известных результатов, что длина маршрута при неоднородной структуре пространства окружения может быть представлена β -распределением.

6. Предложено для планирования сетей связи в отличие от существующих методов использовать различные фрактальные фигуры для представления пространства окружения высокоплотной сети, в том числе салфетки Серпинского, ковер Серпинского и кривую Гильберта. Для каждой из приведенных фрактальных фигур получены оценки фрактальной размерности методом Миньковского.

7. Разработана методика планирования сети связи, отличающаяся от известных тем, что введена процедура выбора фрактальной фигуры для планирования и проектирования высокоплотной сети в условиях неоднородного пространства окружения, основанная на близости параметров фрактальной размерности, модифицированной информационной размерности и доли площади, занимаемой в площади пространства окружения сети иными элементами этого пространства. Методика реализована в виде алгоритма выбора фрактальной фигуры.

Материалы диссертационного исследования в полном объеме отражены в публикациях автора и прошли апробацию на международных и всероссийских научных конференциях. Результаты работы опубликованы в 8 работах, в том числе в 4 работах в журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ, и трех работах, индексируемой в базах данных Scopus и Web of Science (Q1 и Q2).

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Индикаторная функция, входящая в формулу (4) на странице 8, несмотря на широкое распространение при аналитическом выводе результатов, является математической абстракцией, дающей оценку исключительно начального приближения допустимого уровня внутрисистемных помех. Из автореферата

Tampere University
FI-33014

Tampere University, Finland
Tel. +358 (0) 294 52 11
Business ID 2844561-8

Tampere University of
Applied Sciences
Kuntokatu 3,
FI-33520 Tampere
Tel. +358 (0) 294 52 22
Business ID 1015428-1



18.11.2021
Department

Телефон: +358 294 520 200

Электронная почта: tau@tuni.fi

Tampere University

FI-33014

Tampere University, Finland

Tel. +358 (0) 294 52 11

Business ID 2844561-8

**Tampere University of
Applied Sciences**

Kuntokatu 3,

FI-33520 Tampere

Tel. +358 (0) 294 52 22

Business ID 1015428-1

tuni.fi