

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы 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.

В связи с осуществляемым в настоящее время переходом в области телекоммуникаций к сетям связи пятого поколения (5G), а также в связи с перспективными исследованиями принципов организации сетей связи шестого поколения и сетей 2030, становится очевидно, что одними из главных отличительных особенностей этих сетей являются высокая плотность узлов и ультра малые задержки.

Высокая плотность узлов в будущих сетях объясняется возникновением, развитием и внедрением концепции Интернета вещей (ИВ), в рамках которой происходит повсеместное распространение «умных» устройств, автоматизированных производств и т.д. Так в рамках сетей 5G рекомендуется планировать сети из возможности размещения до 1 млн. устройств на 1 кв. км. Однако в сетях связи шестого поколения плотность устройств может увеличиться и достигнуть до 100 устройств на 1 м³. В таком случае говорят уже о сверх плотных сетях.

Потребность в обеспечении ультра малой задержки порядка 1 мс обусловлена развитием Тактильного Интернета (ТИ) и других сетевых приложений сетей 5G. Однако достигнуть такой величины задержки в действующих сетях крайне сложно в виду существующих фундаментальных ограничений, в связи с чем для достижения желаемых значений сетевой задержки предполагается широко использовать кластеризацию сети, а также облачные, граничный и туманные вычисления.

Поэтому в области сетей связи пятого и последующих поколений необходимо решить целый ряд принципиальных вопросов планирования и проектирования. В части исследований по высокоплотным сетям практически не изучены вопросы влияния неоднородности пространства окружения на построение и функционирование сетей связи. Кроме того, неоднородность пространства окружения, вероятно, носит самоподобный характер, в связи с чем ее влияние на сеть связи высокой плотности предполагает изучение фрактальных характеристик такого пространства совместно с размещением узлов. Как видим, тема диссертации несомненно актуальна.

К основным результатам диссертации можно отнести следующие:

1. Предложен метод планирования полносвязной Ad Hoc сети высокой плотности (до 1 млн. устройств на один квадратный километр) в условиях однородной структуры пространства окружения, отличающийся от известных тем, что полная связность сети доказана на основе теоремы

Эрдеша-Реньи, а в качестве модели сети используется модель, включающая область сигналов и область помех, при этом радиус связи устройства составляет 10 м.

2. Предложен метод планирования сети связи высокой плотности, отличающийся тем, что при планировании 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 ввести 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, показало, что для этого метода требуется более чем в два раза меньшее число транзитов при маршрутизации сообщений по сравнению с методом планирования сети, предполагающим однородную структуру пространства окружения.

5. Установлено, что в отличие от известных результатов, 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 и ковер Серпинского, 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, которая основана 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.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. На странице 13 рисунок 5, странице 14 рисунок 6 на вертикальных осях графиков присутствуют повторяющиеся значения откладываемых значений величин, полученные, вероятно, в результате округления. Следовало бы либо не округлять откладываемые по осям значения величин, либо уменьшить число откладываемых значений.

2. На странице 10 отмечено, что радиус связи узла R сверхплотной сети составляет 10 метров, при этом выбор данного значения для дальнейших расчетов никак не объясняется.

Приведенные выше замечания не влияют на положительную оценку работы и ее ценность. В целом, содержание автореферата и перечень опубликованных работ говорят о том, что диссертационная работа является завершённым исследованием и соответствует специальности 2.2.15. Представленный автореферат соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Тонких Евгений Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Профессор кафедры информационных систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),

д.т.н., профессор



Михаил Степанович Колбанёв

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Адрес: 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5
Телефон: +7 812 234-46-51
E-mail: info@etu.ru
Сайт: <https://etu.ru>