

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РАЗМЕЩЕНИЯ УЗЛОВ

Л.Б. Бузюков, Д.В. Окунева, А.И. Парамонов

В данной статье приведены результаты исследования зависимости связности сети от распределения узлов и влияние распределения узлов и их параметров на решения задач по построению сетей с заданными требованиями к связности.

Ключевые слова: самоорганизующаяся беспроводная сеть, связность, дисперсия, модель Эрдеши-Реньи, пуассоновское распределение, гауссово распределение

RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF THE SELF-ORGANIZED WIRELESS NETWORK AT VARIOUS WAYS OF PLACEMENT OF KNOTS

Buzyukov L., Okuneva D., Paramonov A.

Results of research of dependence of connectivity of a network on distribution of knots and influence of distribution of knots and their parameters on solutions of tasks of creation of networks with the set requirements to connectivity are given in this article.

Keywords: self-organized wireless network, connectivity, dispersion, Erdos-Renyi model, poisson distribution, gaussian distribution

Топология самоорганизующейся беспроводной сети, безусловно, влияет на функционирование сети [1]. Основными параметрами функционирования сети являются доступность и время доставки данных [2]. Под доступностью, как правило, подразумевается возможность предоставления услуги [3].

Для анализа возможностей сети с точки зрения предоставления услуги используются параметры связности сети.

Беспроводная самоорганизующаяся сеть состоит из некоторого количества узлов n , каждый из которых, в общем случае, может быть связан или не связан с соседними узлами. В последнем случае услуга передачи данных для этого узла не доступна. Расположение узлов зависит от конкретного назначения сети и вероятно, что оно выбирается с учетом обеспечения связности, однако, в процессе эксплуатации узлы могут отказывать или изменять свое положение (например, в случае сети с подвижными узлами). Поэтому целесообразно предположить, что распределение узлов случайно, следовательно, наличие связей между ними также случайно. Сделаем допущение о том, что число узлов неизменно и равно n . В таком случае сеть может быть описана случайным графом.

Известная обобщенная модель Эрдеши-Реньи [4, 5] позволяет описать вероятность связности случайного графа. В этом случае вероятность связности сети определяется как вероятность наличия ребра между вершинами графа.

Рассмотрим два варианта организации сети: сеть, узлы которой образуют пуассоновское поле [6], в области ограниченной квадратом со стороной 200 м и сеть, узлы которой образуют гауссово поле.

Под гауссовым полем будем понимать модель сети, координаты узлов которой случайны, независимы и распределены по двумерному нормальному закону (рис. 1).

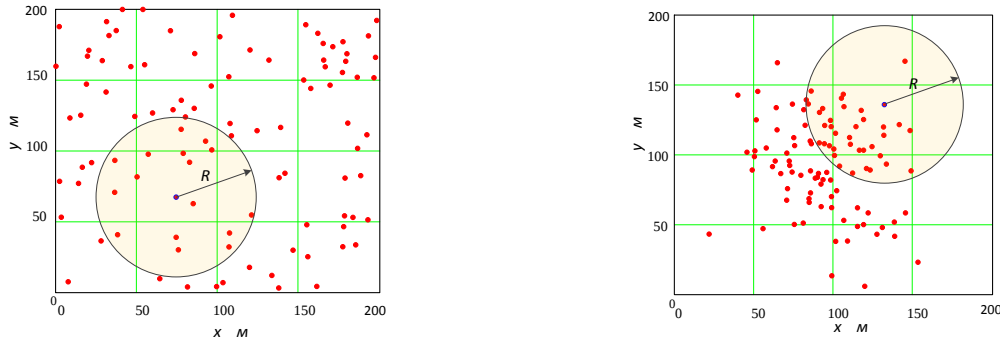


Рис. 1. Примеры организации сетей (пуассоновское поле и гауссово поле)

В обоих случаях узел сети имеет ограниченную область связи, которая описывается кругом с центром в точке размещения узла и радиусом.

На рисунке 2 приведены результаты имитационного моделирования сети из 100 узлов в области, ограниченной квадратом со стороной 200 м. В результате моделирования получены оценки вероятности связности.

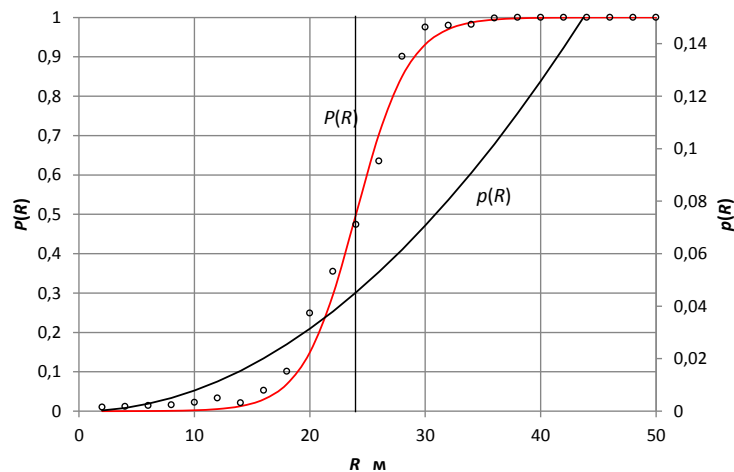


Рис. 2. Зависимость связности сети от радиуса связи узла для пуассоновского поля

Полученные результаты показывают, что применение модели Эрдеша-Реньи для сети, определенной пуассоновским полем точек дает вполне точные результаты и позволяет оценить, в данном случае, необходимую плотность узлов или радиус связи узла, для обеспечения необходимой связности сети.

Стоит отметить, что во многих практических задачах распределение узлов сети отличается от пуассоновского поля, в общем случае, оно может быть мультимодальным с областями высокой и малой плотности узлов.

Для исследования свойств поля отличного от пуассоновского, рассмотрим сеть образованную узлами, размещенными в области обслуживания по нормальному закону, т. е. образующее гауссово поле точек на плоскости. Данная модель, в общем случае, может быть использована при неравномерном распределении узлов сети в рассматриваемой зоне обслуживания.

На рисунке 3 приведены результаты имитационного моделирования сети из 100 узлов с радиусом зоны связи узла 50 м, при нормальном законе распределения узлов.

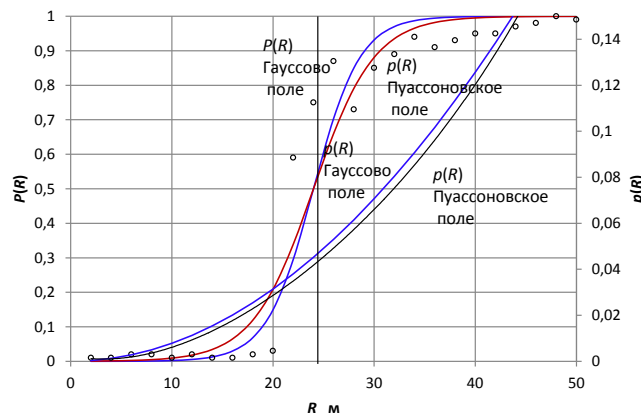


Рис. 3. Зависимость связности сети от радиуса связи узла для гауссова и пуассоновского полей

Полученные результаты позволяют предположить, что вероятность связности сети определяется дисперсией узлов сети.

Зависимость вероятности связности от дисперсии при гауссовом распределении, полученная методом имитационного моделирования приведена на рисунке 4.

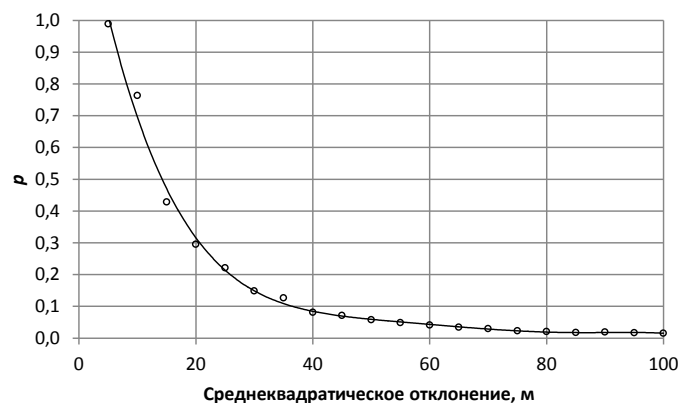


Рис. 4. Зависимость вероятности связности от дисперсии

Результаты имитационного моделирования показали, что связность сети, образованной, как пуассоновским, так и гауссовым полями определяется дисперсией распределения узлов сети по территории.

Следует отметить, что в данном случае рассматривалась сеть в целом. В таких условиях, очевидно, что в случае равномерного распределения (пуассо-

новского поля) условия связности для узлов сети, расположенных в различных координатах зоны обслуживания равнозначны (равновероятны).

Для сети, узлы которой распределены в соответствие с нормальным распределением (гауссово поле) эти условия не равнозначны, т. к. плотность узлов и вероятность связности для них зависит от их координат, а именно от удаления от точки рассеяния (рис. 5).

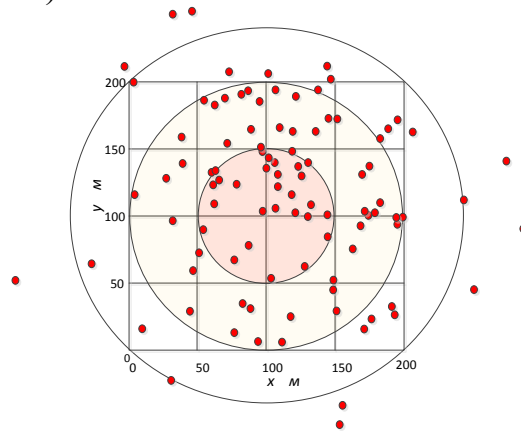


Рис. 5. Распределение узлов в зоне обслуживания

Зависимость вероятности связности от номера кольца, т. е. от удаления от центра рассеяния приведена на рисунке 6.

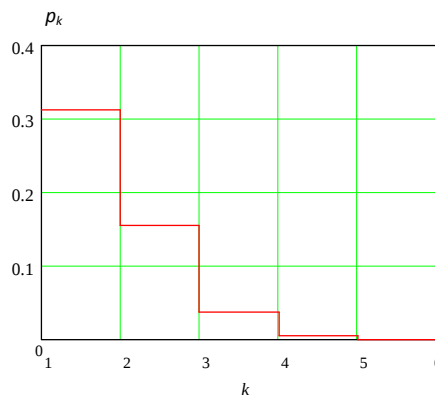


Рис. 6. Зависимость вероятности связности от удаления от центра рассеяния

Как и следовало ожидать, приведенная зависимость показывает, что вероятность связности убывает по мере удаления от центра рассеяния.

Таким образом, было выявлено, что случайный характер распределения узлов беспроводной самоорганизующейся сети по территории и случайный характер свойств радиоканалов между узлами позволяют использовать в качестве модели сети модель случайного графа.

С помощью имитационного моделирования было показано, что фактором, определяющим связность сети, является дисперсия распределения узлов по территории.

Применение модели Эрдеша-Реньи позволило определить связность сети через такие параметры как: число узлов, радиус связи узла, дисперсия их распределения по территории.

Результаты моделирования для пуассоновского и гауссова полей показали независимость вероятности связности сети в целом от типа распределения.

Результаты анализа гауссова распределения показали, зависимость связности в области сети от ее удаленности от центра рассеяния.

Список используемых источников

1. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич, 2011. 310 с.: ил. ISBN 978-5-86983-318-1.
2. Kirichek R., Paramonov A., Koucheryavy A. Flying Ubiquitous Sensor Networks as a Queueing System // 17th International Conference on Advanced Communications Technology (ICACT) 2015. pp. 127–132.
3. Динь Ч. З., Киричек Р. В., Парамонов А. И., Кучерявый А. Е. Имитационная модель инсталляции сенсоров с квадрокоптера на заданной территории // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2 (10). С. 93–100.
4. Дистель Р. Теория графов: пер. с англ. Новосибирск: Из-во Ин-та математики, 2002. 336 с. ISBN 5-86134-101-X.
5. Райгородский А. М. Модели случайных графов и их применения // Труды МФТИ. 2010. Т. 2. № 4. С. 130-140.
6. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОМОДОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН С УМЕНЬШЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ МОДОВОЙ ЗАДЕРЖКОЙ В «С»-ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

А.В. Бурдин

В работе предложен метод моделирования градиентного профиля показателя преломления, специализированная форма которого обеспечивает уменьшение дифференциальной модовой задержки в «С»-диапазоне длин волн, кварцевых малоимодовых волоконных световодов с увеличенным, по сравнению с известными коммерческими малоимодовыми оптическими волокнами, диаметром сердцевины.

Ключевые слова: малоимодовые оптические волокна, увеличенный диаметр сердцевины, дифференциальная модовая задержка, площадь эффективного сечения, моды высшего порядка, нелинейный предел Шеннона

DESIGN OF A FEW-MODE OPTICAL FIBERS WITH DECREASED DIFFERENTIAL MODE DELAY OVER “C”-BAND

Bourdine A.

This work presents method for design of specialized refractive index profile that provides differential mode delay decreasing over “C”-band for silica few-mode optical fibers with enhanced core diameter in comparison with known commercial samples.

Keywords: few-mode optical fibers, enhanced core diameter, differential mode delay, effective area, higher order guided modes, nonlinear Shannon limit