

Определение вероятности отказа в обслуживании при росте числа наземных подвижных объектов открытой системы связи линейного типа

Determination of service denial probability when number of land-mobile objects of open linear-type communications system is growing

Чжао Лэй / Zhao Lei

(zl_2321.student@mail.ru)

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (НИУ ИТМО), аспирант кафедры ГИС.

г. Санкт-Петербург

Карманов / Karmanov A.

Андрей Геннадиевич

(karmanov.nip@gmail.com)

кандидат технических наук, доцент.

НИУ ИТМО,

доцент кафедры ГИС.

г. Санкт-Петербург

Бондаренко / Bondarenko I.

Игорь Борисович

(igorlitmo@rambler.ru)

кандидат технических наук.

НИУ ИТМО,

доцент кафедры ГИС.

г. Санкт-Петербург

Ткачев / Tkachev K.

Константин Олегович

(kottok1@yandex.ru)

НИУ ИТМО,

старший преподаватель.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: подвижный объект – mobile object; линейный тип – linear type; зоны покрытия – coverage; вероятность отказа – probability of denial; нейронная сеть – neural network.

В статье предлагается метод для определения соответствия параметров линейной открытой системы радиосвязи вероятности отказа в обслуживании при передаче информации от источника к приемнику. В ходе работы проведены эксперименты с помощью нейронной сети.

The article offers method to determine correspondence of linear open radio communications system parameters to service denial probability when information is transmitted from source to receiver. In the course of work, experiments have been carried out using neural network.

системе связи аппаратов новых пользователей при отсутствии свободных каналов. Наращивание мощности сети в этом случае осуществляется увеличением числа БС. Растет при этом и зона охвата системой связи.

В случае построения открытых систем на основе протоколов WiFi, DSRC, а также микросотовых и сенсорных сетей станции подвижных абонентов могут связываться между собой, занимая дополнительные каналы связи. Поэтому отказ в обслуживании в таких системах наступит раньше, чем в закрытых системах, и, надо отметить, атаку, построенную на таком принципе, проще организовать для злоумышленника. Развитие открытых протоколов связи, а также стремительный рост устройств, приводит к тому, что в районах с большой плотностью абонентов могут происходить перебои с передачей информации [1]. В статье предлагается метод для определения соответствия параметров линейной открытой системы радиосвязи вероятности отказа в обслуживании при передаче информации от источника к приемнику.

Введение

Построение открытых систем связи линейного типа, то есть с последовательным расположением базовых станций (БС), по которым необходимо передать информацию от источника к получателю, сопряжено с рядом трудностей. Использование протоколов типа GSM, CDMA и WiMAX предполагает, что у БС имеется возможность отказывать в подсоединении к

Постановка задачи

Линейная система связи представляет собой несколько последовательных базовых станций (БС), расположенных одна за другой (в работе ограничимся четырьмя БС). По получившейся линейной цепи необ-

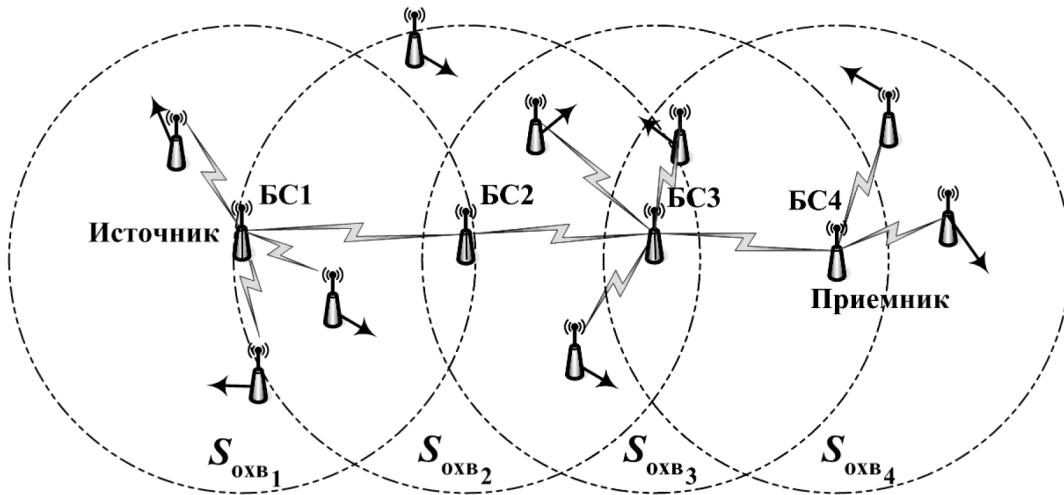


Рис. 1. Структура линейной сети открытой системы связи

ходимо передать информацию от БС1 к БС4 (см. рис. 1). Со станциями БС1,...,БС4 могут связываться также другие БС абонентов, находящиеся в их зоне действия. Критическая плотность подвижных абонентов – зависимость:

$$\rho_{\text{крит}} = F(S_{\text{oxb}}, N, K_{\max}), N = \overline{N_1, N_2, \dots, N_i} \quad (1)$$

где S_{oxb} – зона охвата БС; N_i – количество абонентов (каналов), осуществляющих связь с i -ой станцией; K_{\max} – наибольшее количество каналов для исследуемого протокола связи (для Wifi 802.11 – 14 каналов, Wifi 802.11a – 38 каналов, для DSRC до 5 и т.д.). В выражении (1) не учтено взаимное влияние пользователей друг на друга и на БС, через которые проходит информация.

Предложенный метод решения и полученные результаты

Для учета многосвязных станций радиосвязи мобильных пользователей, попадающих одновременно в зоны охвата нескольких БС, обозначим множество занятых каналов следующим образом. Сделаем допущение, что каждая последующая БС (БС2,...,БС4) связана только с предыдущей БС (БС1,...,БС3), тогда даже при отсутствии мобильных радиостанций пользователей число занятых каналов будет: $N_1+1, N_2+2, N_3+2, N_4+1$ для передачи информации от источника к приемнику. Обозначим как N_{12} – количество мобильных станций, связанных с БС1 и БС2, N_{123} – связанных с БС1, БС2 и БС3 и т.д. Тогда выражение, при котором может происходить передача информации от источника к приемнику:

$$\begin{cases} N_1 + 1 \leq K_{\max} \\ N_2 + 2 + N_{12} + N_{123} + N_{1234} \leq K_{\max} \\ N_3 + 2 + N_{23} + N_{123} + N_{234} + N_{1234} \leq K_{\max} \\ N_4 + 1 + N_{34} + N_{234} + N_{1234} \leq K_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

при условии, что мобильные станции находятся в зоне покрытия станций:

$$\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} < R, \quad (3)$$

где (x_0, y_0) – координаты БС, (x_i, y_i) – координаты мобильной БС, R – типичный радиус ячейки (для Wifi $R=300$ м) [2, 3]. Генерируя случайным образом координаты нескольких виртуальных мобильных пользователей (x_i, y_i) , и, проверяя выполнение (3), а затем (2), можно произвести подсчет всех значений $N_1, N_2, \dots, N_{1234}$. Рост числа занятых каналов будет приводить к росту вероятности отказа в обслуживании сети открытой системы связи. Причем более сильное влияние на вероятность отказа оказывают те пользователи, которые оказываются в зоне действия сразу нескольких БС.

Для вычисления вероятности отказа в обслуживании сети предложено использовать аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС) как наиболее подходящий [4]. ИНС используются для решения задач классификации, кластеризации, аппроксимации функций, прогнозирования и оптимизации [5]. Аналогично свойствам мозга, ИНС может обучаться, то есть подстраивать архитектуру и веса связей для наиболее эффективного выполнения задачи. Под каждый тип задач необходимо подбирать как структуру, так и технологию обучения

сети. Методы обучения зависят от того, есть возможность сформировать обучающее множество или нет, и делятся на три вида: "с учителем", "без учителя" (самообучение) и смешанные. Обучение первого вида предполагает наличие известных выходных значений при определенных входных. Обучение "без учителя" используется для решения задач прогнозирования. Для обучения ИНС используем процедуру обратного распространения ошибки (с учителем). Веса настраиваются так, чтобы минимизировалась ошибка прогноза сети:

$$\varepsilon_{\text{опт}} = \min \left[\frac{1}{2N_S} \sum_{i=1}^{N_S} (OUT_i - E_i)^2 \right]. \quad (4)$$

где N_s – количество обучающих пар; OUT_i – получено с помощью сети значение выходного нейрона при i -м наборе обучения; E_i – требуемое значение выходного нейрона при i -м наборе обучения.

Использование аппарата ИНС предполагает выполнение следующих этапов: генерацию обучающего множества, определение структуры нейронной сети, обучение и тестирование.

Определение структуры сети – неформализованная процедура в ходе которой строится избыточная многосвязная ИНС, после чего экспериментально производится ее упрощение, используя (4). ИНС состоят из нескольких слоев нейронов. Нейроны объединяются по функциональному признаку: входной, выходной, а между ними располагаются скрытые слои.

Каждый нейрон, используемый в данной работе, представляет собой элемент, состоящий из входов z_i , характеризующихся весом w_i , нейрона, выходной функцией активации и выхода (рис. 2). Состояние нейрона определяется по соотношению:

$$Q = \sum_{i=1}^n z_i w_i \quad (5)$$

где n – количество входов нейрона.

Функция активации может варьироваться от линейной до сигмоидальной. Такая функция должна быть дифференцируема на всем промежутке и иметь

простую форму производной. С помощью функции активации определяется значение выхода нейрона:

$$F_{\text{акт}} = \frac{1}{1 + \exp(-ax)}, \quad (6)$$

где a – параметр, характеризующий крутизну сигмоиды (при $a \rightarrow 0$ график сигмоиды стремится к линейной зависимости). В работе $a = 0,9$.

Один нейрон является базовым элементом теории ИНС и может решать простейшие задачи. Для решения многопараметрических задач классификации и прогнозирования [6] необходимо объединять нейроны в сети. Тогда они образуют многослойные сети, у которых количество параметров определяет количество входов структуры, а мощность выходного вектора – количество выходов.

Эксперименты проводились с помощью программы NeuroPro, достоинствами которой являются простота, высокое быстродействие, понятный интерфейс.

В ходе работы было сгенерировано 50 наборов по 20 координат виртуальных мобильных пользователей случайным образом с проверкой условия (3), которые и были использованы в качестве обучающего множества. За координаты БС были взяты следующие значения (150; 150), (200; 150), (320; 150), (450; 150).

Проверка адекватности ИНС с разным количеством нейронов в скрытых слоях была проверена на том же тестовом наборе. В выходном слое был оставлен один нейрон с дискретным выходом. В результате при точности 0,1 были получены значения вероятности отказа в обслуживании сети (q), лучшие из которых изображены на рис. 3 (для удобства приведена гистограмма с разным порядком структур). Обозначение, например, 10/40/1 означает структуру ИНС с 10 входами, одним скрытым слоем 40 нейронов, 1 нейроном в выходном слое.

Из рис. 3 можно сделать вывод, что при небольшом числе нейронов в скрытом слое гибкость ИНС не позволяет находить решения с приемлемой вероятностью. ИНС с 10...20 нейронами с одним скрытым слоем (10/20/20/1 и 10/30/20/1) дает лучший результат, но имеются ложные срабатывания, то есть появля-

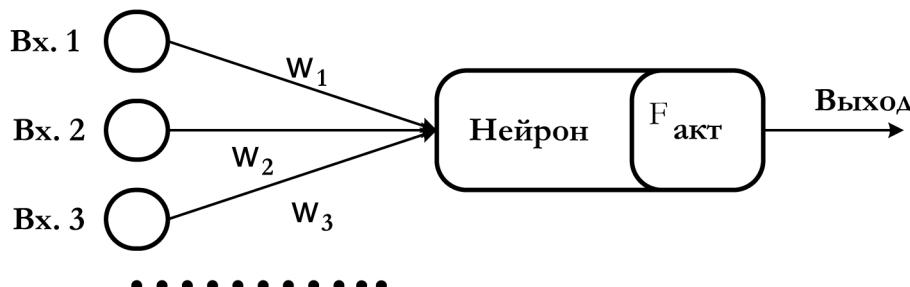
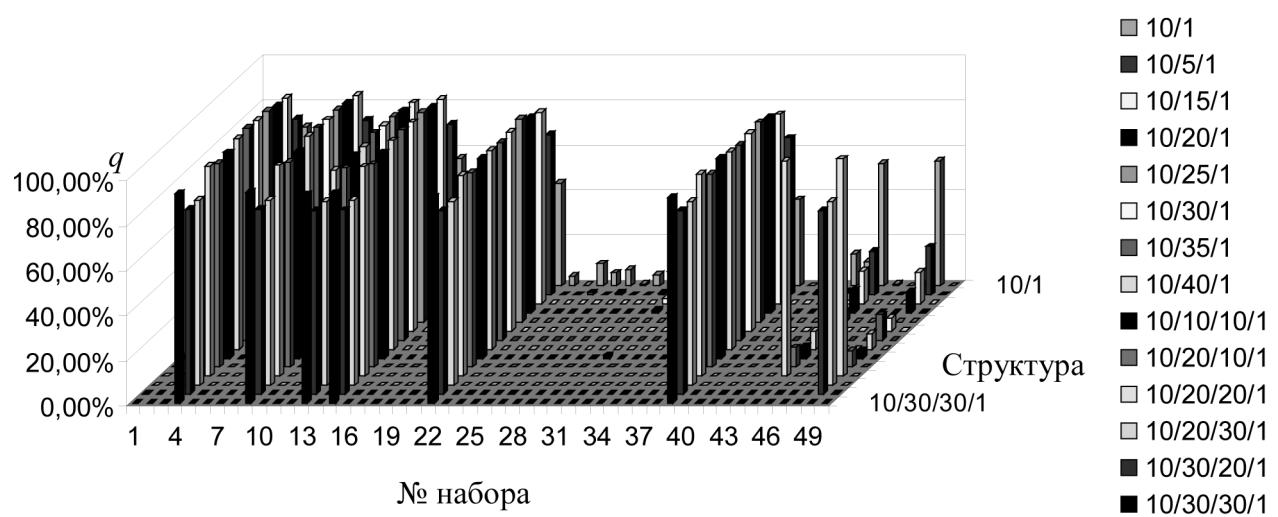
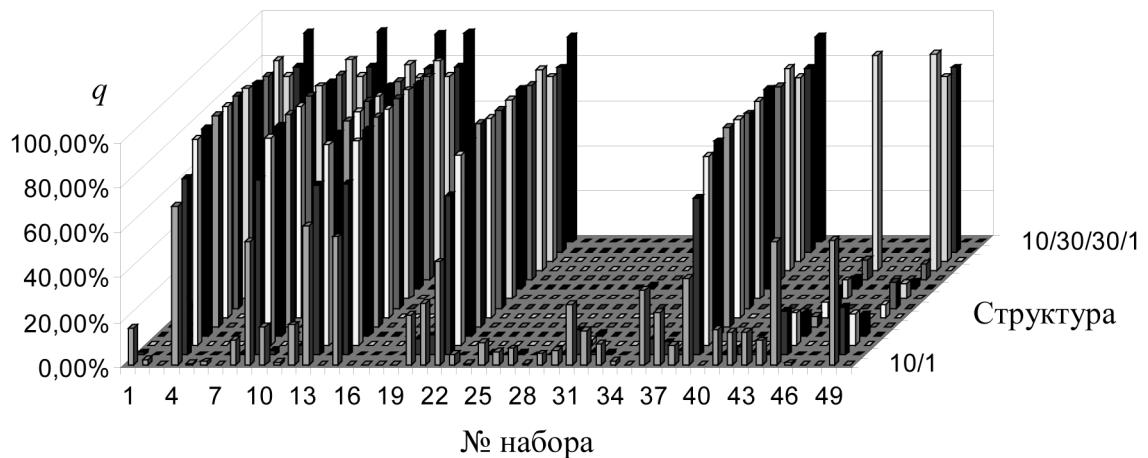


Рис. 2. Структура искусственного нейрона



a) Прямой порядок структур ИНС



б) обратный порядок структур ИНС

Рис. 3. Результаты моделирования

ются ошибки первого рода (ложная тревога). Увеличение числа нейронов еще больше уменьшает вероятность ложных срабатываний сети, однако полностью от них избавиться не удается (набор №9). В итоге наилучшей можно считать структуру 10/30/30/1.

Заключение

Отметим, что хотя при проведении имитационного эксперимента были сделаны определенные допущения, полученная модель и методика расчета позволяют определить вероятность отказа линейной сети открытой системы связи в зависимости от числа пользователей, находящихся в зоне действия нескольких базовых станций. Предложенный подход может использоваться как в практических целях, так и при проектировании новых систем радиосвязи для оценки их живучести и повышения безопасности передачи информации, а также при разработке сложных информационных систем для прогнозирования стойкости к атакам типа DOS и DDOS.

Литература

1. Махутов, Н. А. Оценка живучести сложных технических систем / Н.А. Махутов, В.П. Петров, Д.О. Резников // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2009. – № 3. – С. 47–66.
2. Разработка модели угроз информационной безопасности при организации системы связи с наземным подвижным объектом / Чжао Л. [и др.] // Актуальные вопросы науки и техники: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Самара, 7 апреля 2015 г. Т. II – 2015. – С. 194–196.
3. Оценка живучести сложных информационных систем связи с подвижными объектами / Чжао Л. [и др.] // Информация и Космос. – 2015. – № 3. – С. 36–41.
4. Васильев, А. Н. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения / А.Н. Васильев, Д.А. Тархов. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 527 с.
5. Грищенцев, А. Ю. Методы и модели цифровой обработки изображений: монография / А.Ю. Грищенцев, А.Г. Коробейников. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 190 с.
6. Синтез и анализ живучести сетевых систем: монография / Ю.Ю. Громов [и др.] – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2007. – 152 с.