

Разработка имитационной модели радиоканала для передачи данных от приборов учета к GSM-концентраторам в инновационной системе комплексного учета, регистрации и анализа потребления энергоресурсов и воды промышленными предприятиями и объектами ЖКХ

Е.Б. Горбунова¹, Е.С. Синютин²

¹*Кафедра встраиваемых систем, Южный федеральный университет, Таганрог*

²*ИТЦ «Техноцентр» Южный Федеральный университет, Таганрог*

Аннотация: В данной работе рассматривается оценка надежности разработанного протокола обмена данными между приборами учета и GSM-концентраторами. Обмен производится по радиоканалу. Система является частью инновационной системы комплексного учета, регистрации и анализа потребления энергоресурсов и воды промышленными предприятиями и объектами ЖКХ. Для решения разработана имитационная модель радиоканала, учитывающая вероятные коллизии на линии. Задача моделирования – оценить вероятность срыва передачи суточных значений с приборов учета в GSM-концентратор. Результаты проведенного моделирования показали, что вероятность срыва передачи суточных данных от прибора учета является крайне малой при условии выполнения требований протокола связи.

Ключевые слова: энергоресурс, прибор учета, комплекс, радиоканал, вероятность, коллизия, отказ, имитационная модель.

В ходе разработки инновационной системы комплексного учета, регистрации и анализа потребления энергоресурсов и воды промышленными предприятиями и объектами ЖКХ была поставлена задача разработки первого уровня информационных потоков между приборами учета (нижний уровень) и GSM-концентраторами (средний уровень). Для решения проблемы энергопотребления приборов учета был предложен следующий вариант реализации протокола радиосвязи: прибор учета не опрашивает радиоканал и не ждет прямого запроса от GSM-концентратора на отправку данных. Вместо этого прибор учета самостоятельно инициирует обмен с GSM-концентратором, передавая ему суточные показания. Поскольку в данном варианте протокола не предусматривается квитирование (подтверждение приема), то была предложена схема избыточного количества

посылок. Прибор учета просыпается каждые 2 часа (в случайное время в рамках данного интервала) и отправляет данные в GSM-концентратор, всего таких посылок за сутки будет 12. Так как в рамках одного сегмента радиосети имеется достаточно большое количество приборов учета (до 400 штук) при расчете надежности комплекса потребовалось оценить вероятность коллизий между приборами учета и, главное, вероятность полностью неудачной отправки данных за сутки (все 12 попыток - провалены). Разрабатываемая модель не учитывает изменений в пропускной способности радиоканала от внешних воздействий [1 - 3].

Имела место следующая постановка задачи: n приборов учета в случайные моменты времени отправляют в канал посылки длительностью Δt в течение времени T ; Δt мало в сравнении с T . Необходимо оценить вероятность срыва передачи данных от прибора учета в заданный временной промежуток в результате коллизий.

Поскольку по условию задачи Δt мало в сравнении с T , будем рассматривать сигналы как некоторые одинарные посылки, отправляемые строго во временные слоты. Тогда число слотов $NT = \lfloor T/\Delta t \rfloor$.

Если считать распределение вероятностей передачи по всему T равномерным, то вероятность появления сигнала в любом временном слоте $p = 1/NT$.

Коллизией будет являться ситуация, когда 2 и более источника попытаются осуществить передачу в пределах одного слота [4,5].

Вероятность безошибочной передачи определяется числом размещений из NT по n [6,7]:

$$P_{\text{он}} = A_{NT}^n \cdot p^n = \frac{NT!}{(NT - n)!} \cdot \frac{1}{NT^n};$$

Вероятность коллизии, очевидно

$$P_{\text{к}} = 1 - P_{\text{он}} = 1 - \frac{NT!}{(NT - n)!} \cdot \frac{1}{NT^n}. \quad (1)$$

На рис.1 приведен алгоритм имитационной модели для экспериментальной оценки этой вероятности.

Модель работает следующим образом: для каждого прибора учета при помощи генератора равномерно распределенных случайных чисел задается номер временного слота для передачи от 1 до NT ; занятый временной слот маркируется путем прибавления 1 к содержимому ячейки вектора *coliz* (первоначально нулевого) с соответствующим номером. Таким образом, при отсутствии коллизий вектор *coliz* будет содержать единицы в ячейках, соответствующих временным слотам, в которые осуществлялась передача, и нули во всех остальных. Соответственно, если 2 и более прибора попытались осуществить передачу в один и тот же временной слот, содержимое ячейки с его номером будет больше 1; число таких случаев пропорционально вероятности коллизии.

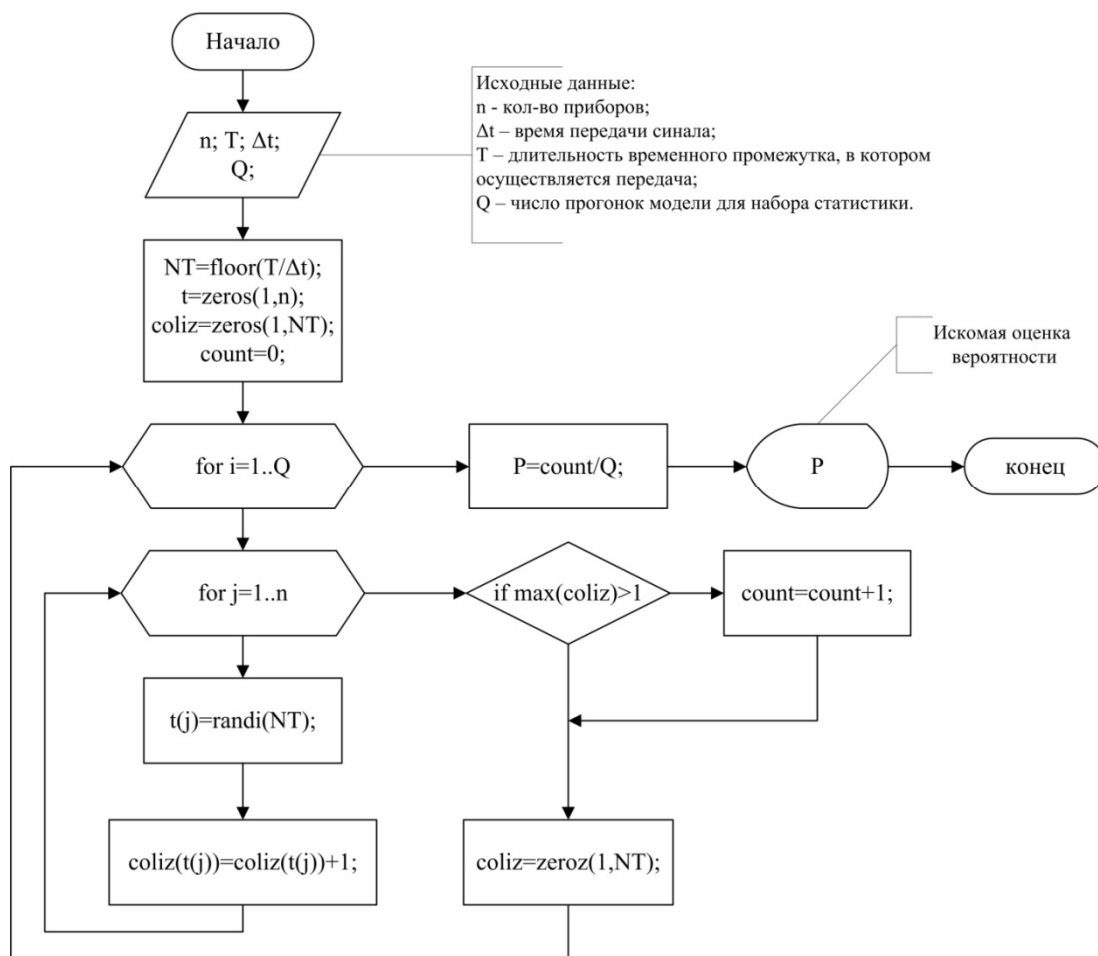


Рис.1. - Алгоритм работы имитационной модели для оценки
вероятности коллизии

Были заданы следующие исходные данные:

$$\Delta t = 0.7 \text{ с.}, T = 2 \text{ ч.} = 7200 \text{ с.}, n = 400.$$

Расчетная вероятность коллизии (1) в этих условиях составляет 0.999615, оценка вероятности при имитационном эксперименте оказалась равной 0,995, что не противоречит расчету. Таким образом, в рамках отчетного двухчасового временного промежутка коллизии будут возникать неизбежно.

Однако по условиям задачи сигнал от каждого источника должен быть передан в течение суток. Сигналы отправляются в канал каждые 2 часа. Выходит, чтобы передача некоторого сигнала не была осуществлена, он должен почувствовать в коллизиях 12 раз подряд. Про моделируем эту ситуацию, следуя алгоритму на рис.2

Задача этой модели состоит в оценке вероятности того, что какой-либо из приборов оказался участником коллизии все $T_{повт}$ раз ($T_{повт}$ - число повторных передач; за сутки, очевидно, равно 12). В этом случае маркируется не сам факт коллизии, а номера приборов-участников. При этом рассматривается худший случай - сигналы от всех участников коллизий считаются не переданными.

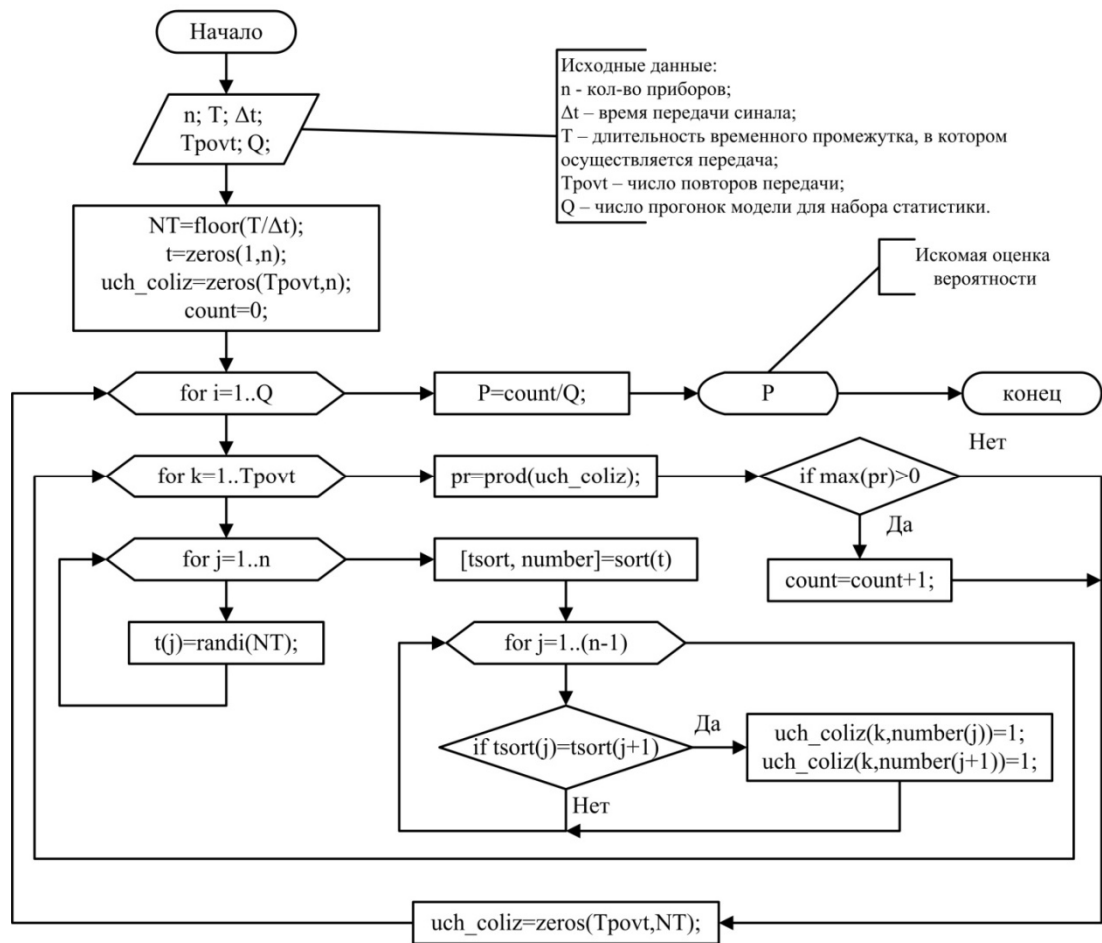


Рис. 2. - Алгоритм работы имитационной модели для оценки вероятности срыва передачи сигнала от какого-либо из приборов учета в течение суток

Задается матрица *uch_coliz* размерностью *Tpvot* на *n*, первоначально заполненная нулями. Каждая строка *uch_coliz* будет соответствовать двухчасовому сеансу передачи, каждый столбец - конкретному прибору учета.

Для каждого двухчасового сеанса передачи, как и в предыдущем случае, генерируем *n* равномерно распределенных от 1 до *NT* случайных чисел (номера временных слотов), сохраняем их в массив *t*. Упорядочиваем массив *t*, зафиксировав в отдельном массиве *number* исходную нумерацию. Чтобы выяснить, с какими приборами произошли коллизии, достаточно

выделить одинаковые элементы массива t , а в упорядоченном массиве $tsort$ они, очевидно, будут стоять на соседних позициях. Маркируем приборы, участвующие в коллизии, присвоив значение 1 соответствующим ячейкам матрицы uch_coliz , взяв номера приборов из массива $number$. В результате прогонки одного полного цикла заполнения, uch_coliz будет содержать 1 в ячейках с номерами приборов-участников коллизий, и 0 во всех остальных. Т.е. событию срыва передачи какого-либо из приборов будет соответствовать столбец, заполненный 1.

Массив pr рассчитывается как произведение элементов каждого столбца uch_coliz . Если pr содержит хотя бы 1 единичный элемент, это говорит о срыве передачи какого-то из приборов по причине участия в коллизиях во всех сеансах передачи. Моделирование проводится в среде Matlab по разработанным алгоритмам [8,9].

На рис. 3 приведена зависимость вероятности такого отказа от кол-ва сеансов.

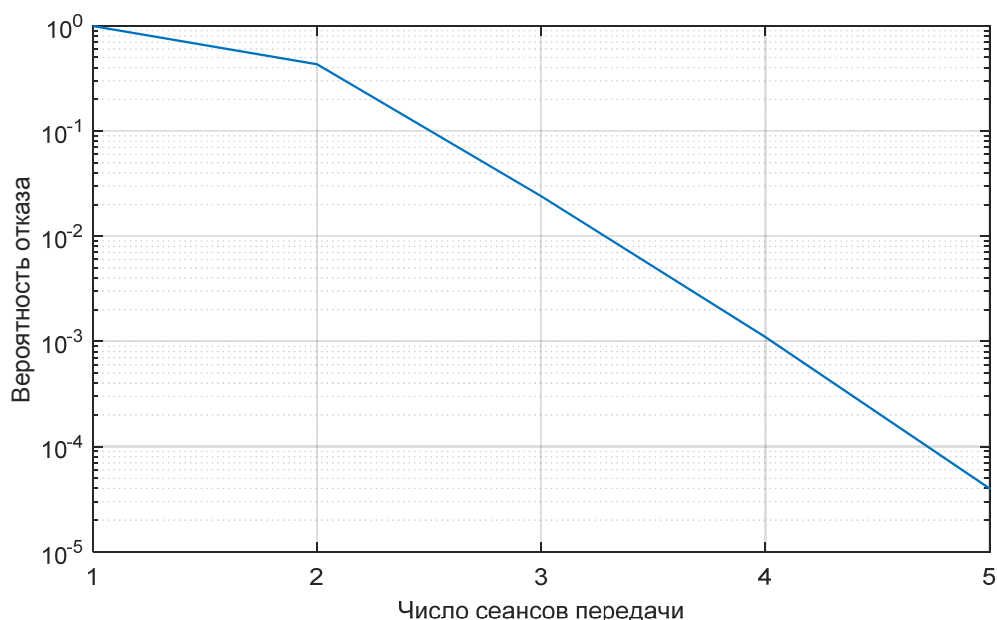


Рис.3. - Вероятность срыва передачи данных от прибора учета в результате повторных коллизий

Вывод: вероятность срыва передачи данных от прибора из-за возникновения коллизий в течение суток ($T_{повт}=12$) исчезающе мала.

До этого момента мы рассматривали случай точной синхронизации передачи всех приборов.

Чтобы учесть случай, когда из-за рассинхронизации посылка "задевает" соседние слоты, модель была модифицирована: соседние с занятым слоты тоже маркировались как занятые, создавая, таким образом, защитный интервал. Таким образом, коллизией считалась не только попытка передачи в рамках одного временного слота, но и в рамках соседних. Моделирование не выявило значительного отличия результатов (табл. 1)

Таблица №1

Зависимость вероятности отказа от числа попыток передач

Число попыток, $T_{повт}$	1	2	3	4	5
Вероятность отказа $P_{отк}$	0.999	0.4537	0.02483	0.0011	$5 \cdot 10^{-5}$

Даже в этом случае вероятность срыва передачи из-за коллизии оказывается сравнительно малой, соответственно, встает вопрос о необходимости столь значительной избыточности.

В данной работе была создана имитационная модель первого уровня информационных потоков в инновационной системе комплексного учета, регистрации и анализа потребления энергоресурсов и воды промышленными предприятиями и объектами ЖКХ. Моделирование первого уровня показало, что он не вносит существенного вклада в общую надежность комплекса, так как при 12-ти сеансах связи за сутки вероятность отказа становится исчезающе малой. Это результат также говорит об избыточном потоке данных, что приведет к большим объемам трафика от GSM-концентраторов

до сервера комплекса. Вероятно, между первым и вторым уровнями информационных потоков комплекса необходимо промежуточное звено для устранения избыточности. В дальнейшем, необходимо уточнить модель, дополнив ее изменениями свойств радиоканала [10].

Результаты исследований, изложенные в данной статье, получены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проекта «Разработка и создание высокотехнологичного производства инновационной системы комплексного учета, регистрации и анализа потребления энергоресурсов и воды промышленными предприятиями и объектами ЖКХ» по постановлению правительства №218 от 09.04.2010г. Исследования проводились в ФГАОУ ВО ЮФУ.

Литература

1. G. Zhou, T. He, S. Krishnamurthy, and J.A. Stankovic. Impact of radio irregularity on wireless sensor networks. In Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, pp. 125-138, New York NY, USA, June 2004. ACM Press.
 2. J. Zhao and R. Govindan. Understanding packet delivery performance in dense wireless sensor networks. In Proceedings of the 1st International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, pp. 1-13, New York NY, USA, November 2003. ACM Press.
 3. Octavian Fratu, Simona Halunga, D.N. Vizireanu. Radiolink simulation method for UMTS communication in Rayleigh fading environment. - IEEE Xplore Conference: Signals, Circuits and Systems, 2003. SCS 2003. International Symposium on, Volume: 1. pp. 293-296.
 4. Michel C. Jeruchim, Philip Balaban, K. Sam Shanmugan. Simulation of communication systems: Modeling, methodology, and Techniques. - New York [etc.]: Kluwer acad. / Plenum, Cop. 2000. - 907 p.
-

5. Фицов В.В. Метод генерации трафика по законам распределения. – Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. - II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. 2013. - Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (Санкт-Петербург). с.232-234.

6. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Высшая шк., 2000. – 480 с.

7. Советов Б.Я., Яковлев С.А. – Моделирование систем: учебник для вузов. – М: Высшая школа, 2001. – 343 с.

8. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в Matlab. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 592 с.

9. Н.В. Колыхан, В.С. Тюрчев. Информационные технологии статистической обработки данных выборок ограниченного объема. // Инженерный вестник Дона, №2, 2007 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2007/21.

10. П.И. Николас. Имитационная модель взаимодействия объектов распределенной радиотехнической системы. // Инженерный вестник Дона, №2, 2007 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2007/23.

References

G. Zhou, T. He, S. Krishnamurthy, and J.A. Stankovic. Impact of radio irregularity on wireless sensor networks. In Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, pp. 125-138, New York NY, USA, June 2004. ACM Press.

2. J. Zhao and R. Govindan. Understanding packet delivery performance in dense wireless sensor networks. In Proceedings of the 1st International Conference

on Embedded Networked Sensor Systems, pp. 1-13, New York NY, USA, November 2003. ACM Press.

3. Octavian Fratu, Simona Halunga, D.N. Vizireanu. Radiolink simulation method for UMTS communication in Rayleigh fading environment. IEEE Xplore Conference: Signals, Circuits and Systems, 2003. SCS 2003. International Symposium on, Volume: 1.pp. 293-296.

4. Michel C. Jeruchim, Philip Balaban, K. Sam Shanmugan. Simulation of communication systems: Modeling, methodology, and Techniques. New York [etc.]: Kluwer acad. Plenum, Cop. 2000. - 907 p.

5. Fitsov V.V. Aktualnyie problem infotelekkommunikatsyi v nauke i obrazovanii. II Mezhdunarodnaya nauchno-technicheskaya i nauchno-metodicheskaya konferenciya. 2013. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyi universitet telekommunikatsiy im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha (Sankt-Peterburg). pp.232-234.

6. Ventcel E.S., Ovcharov L.A. Teoriya veroyatnostey i ee inzhenernyie prilogeniya [Theory of probability and its engineering applications]M: Visshayashkola, 2001. 343 p.

7. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modelirovanie system: uchebnyk dlya vuzov [System modeling: a textbook for universities] M: Vishaya shkola, 2001. 343 p.

8. Porshnev S.V. Komputernoe modelirovanie phisicheskikh processov v Matlab [Computer modeling of physical processes in Matlab]. M: Goryachaya liniya-Telekom, 2003. 592 p.

9. N.V. Kolihan, V.S. Tyuryaev. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), №2, 2007 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2007/21.

10. P.I.Nikolas. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), №2, 2007 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2007/23.
