



Безопасность  
в техносфере  
rintd.ru

Система управления  
эвакуацией людей  
eesystem.ru



ISBN 978-5-4344-0523-2



9 785434 405232

Безопасность в техносфере 12

Удмуртское региональное отделение  
Общероссийской общественной организации  
«Российское научное общество анализа риска»

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

# Безопасность в техносфере

12



Ижевск 2018

Удмуртское региональное отделение  
Общероссийской общественной организации  
«Российское научное общество анализа риска»

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

# ***БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ***

*Сборник статей*

*Выпуск 12*



Ижевск  
2018

УДК 614.84, 681.51, 004.031.4, 004.492

ББК 68.9я431

Б40

*Научный редактор:*

доктор технических наук, профессор В. М. Колодкин

*Председатель организационного комитета:*

руководитель Российского научного общества анализа риска,  
кандидат психологических наук М. И. Фалеев

**Б40 Безопасность в техносфере** : сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. — 164 с.

ISBN 978-5-4344-0523-2

Данный сборник, в основном, соответствует материалам, представленным на XII Международной конференции «Безопасность в техносфере». Главная тема Конференции — Цифровые системы обеспечения безопасности.

Рассмотрены вопросы интеграции цифровых подсистем, таких как подсистема автоматического контроля количества людей в помещениях здания, подсистема автоматического мониторинга среды в горящем здании и т.д., в интегрированную систему автоматического формирования указаний людям путей эвакуации из горящего здания в режиме реального времени.

В статьях раскрываются принципы организации системы, вопросы создания математического, алгоритмического и программного обеспечения. Содержание статей дает системное представление о современных проблемах безопасности в техносфере и способах их решения.

УДК 614.84, 681.51, 004.031.4, 004.492

ББК 68.9я431

**ISBN 978-5-4344-0523-2**

© УРО ООО «Российское научное общество анализа риска», 2018

© ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

<b>I Цифровые системы обеспечения безопасности</b> . . . . .	5
<i>В.М. Колоджин, Б.В. Чирков, Д.Е. Ушаков</i>	
Повышение эффективности системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в здании . . .	6
<i>Б.В. Чирков</i>	
Методы совершенствования и алгоритмы управления эвакуацией из здания . . . . .	19
<i>А.М. Сивков</i>	
Протокол последовательной передачи данных . . . . .	45
<i>Д.Е. Ушаков, Б.В. Чирков</i>	
Исследование ограничений расстановки беспроводных узлов на базе микроконтроллера ATmega128RFA1 . . . .	48
<i>А.М. Сивков, А.Н. Семакина</i>	
Об электрической схеме подключения сенсора инфракрасных лучей . . . . .	53
<i>А.М. Сивков, Д.А. Пухова</i>	
О влиянии солнечного света на инфракрасный сенсор .	56
<i>С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина</i>	
Результаты разработки, реализации и внедрения программного комплекса «СОУЭ-ПК» на инфраструктурных объектах ОАО «РЖД» . . . . .	58
<b>II Техносферная безопасность</b> . . . . .	67
<i>М.Э. Галиуллин</i>	
Картографическая подсистема веб-сервиса оценки риска на техногенных объектах . . . . .	68
<i>А.В. Радикова, В.О. Анашин</i>	
Анализ и оценка аварийного риска с точки зрения системного анализа . . . . .	83
<i>В.О. Анашин, А.В. Радикова</i>	
Ранжирование территорий по уровню коллективного риска при авариях на техногенных объектах на примере автозаправочных станций . . . . .	88
<i>А.В. Романенко, Г.М. Чигвинцев, С.В. Широков, Д.В. Варламов, С.Ю. Загуменов</i>	
Проект противопожарного комплекса для повышения безопасности людей и эффективности применения средств индивидуальной защиты и средств пожаротушения . . . . .	96

<i>Д.М. Варламова</i>	
Обзор существующих методов по оценке экономической эффективности систем пожарной безопасности . . . . .	108
<i>И.М. Янников, В.С. Кужлин, В.И. Молчанов, А.Е. Любаков</i>	
О некоторых аспектах применения спринклерных установок пожаротушения на производстве . . . . .	115
<i>А.С. Соловьева, М.В. Телегина</i>	
Поддержка принятия решений по обеспечению безопасности химически опасных объектов . . . . .	121
<i>Ф.В. Недопекин, Н.С. Шестакин, А.В. Несова</i>	
Анализ потенциала поглощения диоксида углерода на перспективных участках его хранения в Донбассе . . . . .	126
<i>И.М. Янников, М.В. Шабардин, М.В. Телегина</i>	
Экологическое картографирование реабилитируемых территорий . . . . .	133
<i>А.Ю. Лучина</i>	
Двухскоростная модель движения газожидкостной смеси в аэротенках с пневматической системой аэрации . . . . .	138
<i>И.М. Янников, И.Н. Вологжанин, Р.Г. Бадамшина</i>	
Проблематика автоматизации прогнозирования паводков и наводнений . . . . .	143
<i>Д.М. Костин</i>	
Автоматизированная система персонифицированного учета нарушений требований охраны труда . . . . .	148
<i>В.В. Бодряга, Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов</i>	
Экологическая проблема утилизации графитной спели при переливах чугуна . . . . .	154

Раздел I  
Цифровые системы  
обеспечения безопасности

УДК 004.942

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ РАССТАНОВКИ БЕСПРОВОДНЫХ УЗЛОВ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA128RFA1

*Д.Е. Ушаков, Б.В. Чирков*

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия.

e-mail: *sleepinthewater@gmail.com, b.v.chirkov@gmail.com*

*В работе представлены результаты исследований радиоканала узлов на базе микроконтроллера ATmega128RFA1. Сформулированы требования по установке беспроводных узлов сети автоматической системы адаптивного управления эвакуацией людей из здания при пожаре.*

**Ключевые слова:** системы управления эвакуацией, интернет вещей, беспроводные сети, адаптивное управление.

### Введение

Современные технологии позволяют переосмыслить существующие системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). Статистика по жертвам при пожарах и ущербу имуществу показывают хорошую динамику в сторону уменьшения при одной и той же частоте происшествий их в странах Европы и России [1]. Однако, она всё ещё высока. Важным аспектом для решения проблемы является своевременное обнаружение чрезвычайной ситуации в здании и оповещение людей о кратчайших по времени безопасных путях эвакуации.

### Постановка задачи

В рамках разработки автоматической системы адаптивного управления эвакуацией людей из здания при пожаре [2] важно было определить параметры установки датчиков, а также количество данных передаваемых в единицу времени.

Для исследования были использованы беспроводные узлы связи СУЭ-П1-1, основанные на энергоэффективных микроконтроллерах ATmega128RFA1 [3] со встроенным модулем связи с частотой передачи данных 2.4 ГГц. В основе беспроводного протокола используется LwMesh [4] на базе IEEE 802.15.4 с алгоритмом

шифрования AES256. Протокол LwMesh позволяет формировать сеть, где каждый из узлов имеет уникальный адрес, что с привязкой его к пространственно-информационной модели здания [5] позволяет точно локализовать место возгорания.

### Экспериментальный стенд

Для фиксирования уровня сигнала был собран экспериментальный стенд (рисунок 1). Он включает в себя персональный компьютер (ПК), сервер и один узел-приемник СУЭ-П1-1. Сервер предназначен для интерпретации сигнала от узла-приемника и передачи его на ПК. Сервер состоит из двух узлов СУЭ-П1-1 (первая для приема сигнала, вторая для передачи) и платы Nucleo [6] на базе микроконтроллера STM32F411RE. Пакет, генерируемый на ПК передается на сервер и отправляется. Узел-приемник фиксирует и отправляет значение силы сигнала на сервер, который передает его на ПК для записи в файл.

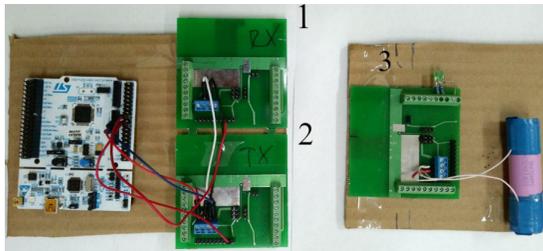


Рисунок 1 — Устройства тестового стенда. 1 – узел сервера для приема получения пакетов; 2 – узел сервера для отправки пакетов; 3 – узел-приемник.

### Исследование ограничений

В соответствии со спецификацией микроконтроллера ATmega128RFA1 стабильный сигнал располагается в диапазоне от -90 дБ и выше.

Эксперименты проводились в типовом здании: кирпичные стены и железобетонные перекрытия. Помещение проведения экспериментов имеет ширину 6 м и длину 9 м.

При частоте 2.4 ГГц узел генерирует волны длиной 12.5 см. Исследования показали наличие интерференции волн в помещении за счет множественного отражения от стен, что позволяет отметить минимальную зависимость уровня сигнала от взаимного расположения антенн узлов в пространстве.

По графикам рисунков 2 и 3 можно отметить усиление и затухание сигнала, что говорит о наличии пучностей и узлов. В общем случае отмечается тенденция падения уровня сигнала до 10 дБ при увеличении расстояния от 0.5 до 7 метров в зоне прямой видимости устройств.

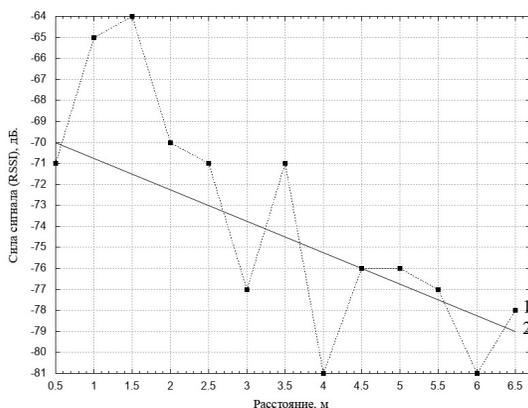


Рисунок 2 — Зависимость силы сигнала от расстояния в помещении, прямая видимость: 1 – не усредненные данные, 2 – усредненные данные.

Потери сигнала происходят на расстоянии 50 м. между излучателем и приемником.

## Заключение

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют говорить о том, что беспроводная сеть на базе устройств Atmega128rfa стабильно работает в здании, если между узлами не более двух кирпичных стен толщиной по 0.4 м и расстояние до 15 м.

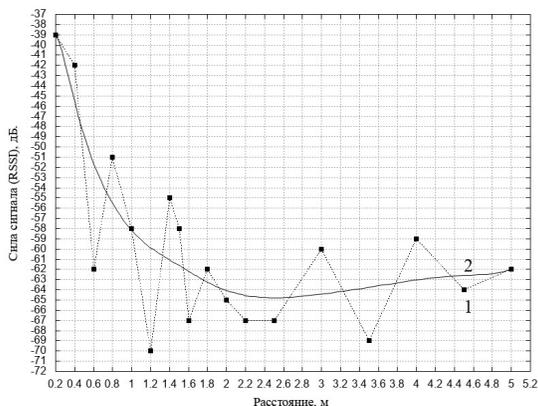


Рисунок 3 — Зависимость силы сигнала от расстояния в помещении, прямая видимость: 1 – не усредненные данные, 2 – усредненные данные.

### Список литературы

1. Обобщенная статистика, представленная международной ассоциацией пожарных и спасательных служб. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/gibel-na-pozharaх>.
2. Колодкин В. М., Чирков Б. В. Система адаптивного управления экстренной эвакуацией при пожаре в здании // Безопасность в техносфере. 2017. Т. 6. №. 4. С. 58-65. DOI: 10.12737/article\_5a2907cc4f32d7.65348137.
3. Microcontroller ATmega128RFA1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.atmel.com/devices/atmega128rfa1.aspx> (дата обращения: 16.05.2018).
4. Atmel Lightweight Mesh. Официальная документация [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails.aspx?PartNO=Atmel Lightweight Mesh](http://www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails.aspx?PartNO=Atmel%20Lightweight%20Mesh) (дата обращения: 16.05.2018).
5. Галиудлин М. Э. Создание и использование пространственно-информационной модели здания (ПИМ) для расчета величины

риска при составлении декларации пожарной безопасности // Безопасность в техносфере. – 2015. – № 9. – С. 60-81.

6. NUCLEO-F411RE [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.st.com/content/st\\_com/en/products/evaluation-tools/product-evaluation-tools/mcu-eval-tools/stm32-mcu-eval-tools/stm32-mcu-nucleo/nucleo-f411re.html](http://www.st.com/content/st_com/en/products/evaluation-tools/product-evaluation-tools/mcu-eval-tools/stm32-mcu-eval-tools/stm32-mcu-nucleo/nucleo-f411re.html) (дата обращения: 16.05.2018).

## **INVESTIGATION OF WIRELESS NODE RESTRUCTURING LIMITATIONS ON THE ATMEGA128RFA1 MICROCONTROLLER**

*D.E. Ushakov, B.V. Chirkov*

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1  
e-mail: *sleepinthewater@gmail.com, b.v.chirkov@gmail.com*

*In this article presented research results of radio channel nodes that based on ATmega128RFA1 base. Have been set requirements for wireless nodes installation of automatic system network for adaptive control of people evacuation from a building during a fire.*

Keywords: evacuation management systems, Internet of things, wireless networks, directive management.

*Научное издание*

Научный редактор  
Колодкин Владимир Михайлович

# **БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ**

Сборник статей

*Выпуск 12*

Компьютерный набор и верстка  
Радикова Анна Владимировна

*Авторская редакция*

Подписано в печать 18.06.2018. Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ .  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,53. Уч.-изд. л. 10,12.  
Гарнитура Computer Modern Roman. Бумага офсетная № 1.  
Тираж 100 экз. Заказ № 18-34.

АНО «Ижевский институт компьютерных исследований»  
426057, г. Ижевск, ул. К. Маркса, д. 250, кв. 55  
E-mail: mail@rcd.ru Тел./факс: +7 (3412) 50-02-95