

# Разработка программного протокола маршрутизации для повышения энергоэффективности ad hoc сети в режиме локализации чрезвычайных ситуаций

Жудин Н.А., Приходько Т.А.

**Аннотация** - Современные смартфоны скрывают большой потенциал для мониторинга и управления чрезвычайными ситуациями: они широко распространены, они могут устанавливать одноранговые беспроводную связь с использованием технологий связи на коротких расстояниях, гарантируя таким образом охват, даже когда стационарные инфраструктуры недоступны, они могут с высокой точностью определять свое местоположение с помощью нескольких встроенных датчиков, и отправлять сообщения при отсутствии глобальной связи.

Авторами была разработана программа для построения связанной мобильной ad hoc сети на основе смартфонов под управлением операционной системы iOS 10 и выше в условиях чрезвычайных ситуаций, каждый смартфон участник сети оснащен передатчиками для работы с интерфейсами Wi-Fi и / или Bluetooth. Предполагается, что узлы-соседи (как минимум один из них) имеют доступ к глобальной сети и могут сообщать имеющуюся информацию в соответствующие специальные (спасательные) службы.

Приложение позволяет развертывать ad hoc сеть без непосредственного выхода в глобальную сеть каждого ее участника, локализацию зоны ЧС, отправку сообщения SOS всем подключенным узлам. Если в текущей сессии не было достижимых узлов, то трансляция отодвигается по времени до тех пор, пока не произойдет подключение любого узла к данной сессии.

Данная статья освещает разработку и тестирование вариантов энергосберегающих протоколов маршрутизации для описанного iOS приложения. Путем программного моделирования были исследованы влияние типа протокола (Wi-Fi, Bluetooth) и схемы программной маршрутизации на энергоэффективность и живучесть системы, а также влияние количества узлов на живучесть сети.

**Ключевые слова** - самоорганизующаяся сеть мобильных устройств, сеанс связи, протоколы Wi-Fi, Bluetooth, сессия, энергосберегающие

протоколы маршрутизации, сети общественного зондирования для локализации чрезвычайных ситуаций.

## I. ВВЕДЕНИЕ

За последние несколько лет значительно расширился набор технологий, базирующихся на новых возможностях мобильных телефонов. Сейчас на основе них предлагается развитие новой технологии, называемой общественным зондированием (Public Sensing – PS). Основная идея PS заключается в том, чтобы использовать множество интеллектуальных мобильных устройств для своевременного и удобного предоставления данных с датчиков в реальном времени с учетом пространственных и экологических аспектов. На основе PS строятся различные сценарии приложений, такие как мониторинг окружающей среды, анализ трафика и картирование помещений. Подобные приложения не нуждаются в дополнительном обеспечении датчиками, поскольку такие датчики встроены в мобильные устройства, а, следовательно, повсеместно распространены [1-4].

Тем не менее, приложения PS сталкиваются с рядом проблем. Одной из наиболее серьезных проблем является согласие пользователей на участие в PS-приложениях. Для того чтобы убедить пользователей участвовать в приложениях PS, было разработано несколько механизмов стимулирования. Однако основными двумя требованиями, которым должна удовлетворять любая заявка на участие в PS, являются конфиденциальность пользователей и затраты на электроэнергию, связанные с использованием мобильного устройства в качестве отдельного узла PS [5].

Авторами было разработано мобильное iOS приложение на основе принципов системы общественного зондирования для предупреждения о чрезвычайных ситуациях и поиска людей в среде без доступа к сети Интернет или его частичным наличием. Как следует из многих литературных источников [6-8], перед разработчиками подобных приложений часто встает задача экономии расхода энергии батарей. Поэтому при испытаниях приложения было решено

разработать энергосберегающие протоколы передачи информации в ad hoc сетях для увеличения длительности работы сети за счет оптимизации совокупного энергопотребления всей сети в целом. В итоге длительность работы сети была увеличена благодаря применению разработанной программной маршрутизации.

## II. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Разработанное мобильное приложение способно взаимодействовать с другими устройствами, на которых также установлено разработанное ПО. Взаимодействие происходит посредством WiFi или Bluetooth. У большего числа узлов доступ к сети Интернет может отсутствовать.

Разработанное приложение позволяет связать устройства, находящиеся на расстоянии, допустимом для используемого протокола (WiFi или Bluetooth), то есть связь возможна между узлами-соседями, либо посредством промежуточных участников сети. В рамках разработанной программной архитектуры было предложено два варианта программной маршрутизации, которые были оптимизированы для повышения энергоэффективности системы.

Для реализации программной маршрутизации в iOS приложении была использована библиотека MultipeerConnectivity, которая позволила кроме организации связи один ко многим передавать данные от одного устройства к другому через несколько хопов. Основной задачей программы оповещения о чрезвычайных ситуациях (ЧС) является своевременное информирование всех устройств формирующейся (или уже сформированной) сети о ЧС. Для увеличения длительности функционирования такой самоорганизующейся сети были предложены приемы для минимизации трафика между устройствами, как в части устанавливаемых соединений, так и в части отправляемых данных в рамках одного сеанса связи. Сеанс связи представляет собой открытие соединения между устройствами, обмен данными и закрытие соединения.

## III. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

В рамках данной работы рассмотрены два варианта программной маршрутизации, второй вариант предложен для уменьшения расхода заряда батарей.

Первый вариант подразумевает передачу данных от одного устройства всем (broadcast), при этом принимающие устройства имеют программный модуль, который слушает и, если надо принимает данные, которые были направлены каким-либо из связанных устройств в сессию. Полученные данные ретранслируются устройством на другие, кроме устройства, которое инициировало передачу. Таким образом происходит полное широковещание. Можно выделить следующие достоинства данной маршрутизации:

- довольно прост в реализации;

- передаваемые данные не имеют лишней мета информации и со временем работы одного широковещания не увеличиваются.

Недостатки:

- излишняя передача данных (устройства, инициализирующие отправку данных, могут получить их обратно посредством подключения нового устройства в сеть, которое не имеет информации о устройстве, которое начало передачу);

- из первого вытекает высокий трафик данных и, следовательно, быстрый расход аккумулятора устройства.

На рис. 1 показан пример работы данной схемы (в случае, когда устройства не двигаются). На нем направленность дуги означает поток данных, узлы – это устройства, а пунктирные окружности – зона действия датчика связи. Здесь первый узел инициализирует передачу данных, при этом сам обратно эти данные не получает. Но между другими узлами идет обмен одними и теми же данными.

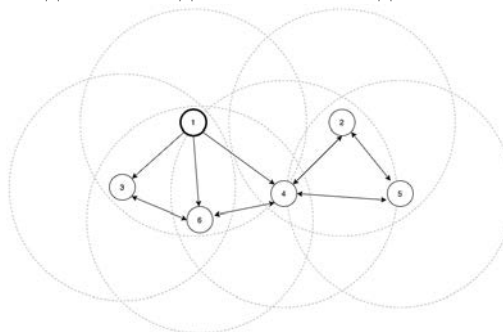


Рис. 1. Первая схема программной маршрутизации – широковещание

Вторая схема решает вопрос излишней передачи данных. Суть маршрутизации состоит в следующем. Устройство инициализирует передачу данных, помещает свой уникальный идентификатор, а также ID устройств, которым производится передача данных в отправляемый JSON. Уникальный идентификатор уникален в рамках всей сети, подключение новых устройств не способствует возникновению коллизий<sup>1</sup>. Последующие устройства, зная идентификаторы, могут уже точно определить, кому не стоит ретранслировать данные. И они также дополняют формирующийся в процессе маршрутизации массив устройств.

Достоинства:

- отсутствует излишняя передача данных,
- в силу первого появляется энергосбережение.

Недостатки:

- постоянно увеличивающийся объем передаваемых данных,

<sup>1</sup> 1. Простой способ генерации символьных ID и UUID. [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/@frontman/простой-способ-генерации-символьных-id-и-uuid-88af71466574> (дата обращения: 01.03.2020)

– необходимость сканирования соседних устройств для определения их идентификаторов.

На рис. 2 продемонстрирован пример работы предыдущей сети, также в статике, но с энергоэффективной маршрутизацией.

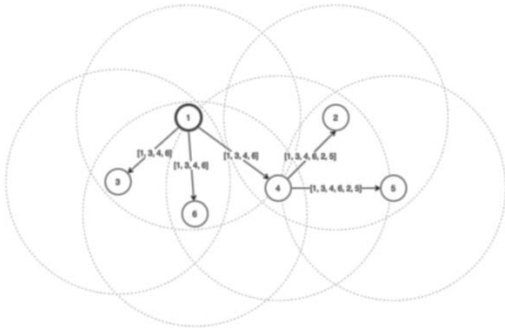


Рис. 2. Схема программной маршрутизации с идентификацией устройства

Очевидно уменьшение числа инициализаций при передаче данных. На дугах показан отправляемый массив идентификаторов устройств. В реальной модели в качестве идентификаторов используются UUID.

#### IV. ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

##### Постановка задачи тестирования

В этой части рассмотрено, влияние разных показателей на энергоэффективность системы общественного зондирования. В качестве системы рассматривается разработанное iOS-приложение с использованием предложенных вариантов программной маршрутизации. Общая энергоэффективность системы измеряется энергоэффективностью каждого входящего в нее компонента – мобильного устройства. Определим понятие «живучести» системы. Предполагается, что система «живет» до тех пор, пока не менее половины ее участников имеют соединение с другим устройством. Здесь мы пренебрегаем понятием связности моделирующего графа, который в свою очередь описывает ad-hoc сеть, так как большинство подобных систем общественного зондирования практически все свое время не обладают полной связностью или на языке графов – сильной.

Неизменяемыми параметрами моделирования являются:

- равномерное распределение движения участников;
- емкость аккумулятора (для всех устройств она равняется 3000 мАч);
- дальность действия датчика связи при помощи WiFi или Bluetooth;

- значения энергетической потери при выполнении сканирования участников системы с помощью WiFi или Bluetooth;
- значения энергетической потери при выполнении запроса заданной длины полезной нагрузки (тело запроса);
- значение энергетической нагрузки при определении местонахождения;
- значения энергетической потери при выполнении операций принятия и декодирования данных.

Во время моделирования для каждого участника случайным образом при помощи равномерного распределения на интервале от 10 до 50 метров выбирается значение – оно будет являться радиусом окружности с центром – позиция участника. Затем случайным образом также при определенном выше распределении выбирается угол в радианах в промежутке от 0 до  $2\pi$  не включая  $2\pi$ . С помощью формулы 1 можем определить точку  $(x, y)$  движения.

$$\begin{aligned} x &= r * \cos(f_i) \\ y &= r * \sin(f_i) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $r$  – радиус окружности зоны движения, м;  $f_i$  – угол движения относительно фронтальной части, рад.

Предполагается, что пользователь в каждый такт времени находится либо в исходной точке, либо в точке движения. Каждый такт времени симулирует 1 минуту работы системы.

В процессе тестирования приложения стало понятно, какие основные параметры влияют на энергоэффективность и живучесть системы. Во время разработки концепции приложения, были описаны две схемы программной маршрутизации узлов в силу природы используемого фреймворка. Каждая из схем предполагает либо увеличение объема передаваемых данных в рамках одного запроса, либо увеличение количество соединений и запросов. Таким образом их влияние на энергоэффективность можно также рассмотреть. Были исследованы следующие зависимости:

- влияние WiFi и Bluetooth на энергоэффективность и живучесть системы;
- влияние схем программной маршрутизации на энергоэффективность и живучесть системы;
- влияние количества узлов на живучесть сети с использованием разного типа датчиков.

Помимо вышеописанных вариантов исследования были проведены и их комбинации.

##### Характеристики исследуемых датчиков связи

Были рассмотрены следующие стандарты протоколов WiFi и Bluetooth: IEEE 802.11n и Bluetooth 4.0, учитывая дальность действия и энергопотребление (табл. 1) [9,10].

Таблица 1. Необходимые характеристики WiFi и Bluetooth

Стандарт	Дальность действия	Энергопотребление (активное состояние/ состояние сна)
WiFi	До 100 метров	309 мАч/130 мАч
Bluetooth	До 30 метров	8,5 мАч/1,5 мАч

В исследованиях было взято значение энергопотребления в миллиамперах в минуту. Дальность действия датчика варьируется от 80 до 100 метров в случае WiFi, и от 10 до 30 метров в случае Bluetooth. Эта вариация задается равномерным распределением. Таким образом мы симулируем возможные помехи в каналах связи.

#### Результаты тестирования программных энергосберегающих протоколов маршрутизации

Сеть представлена следующей конфигурацией: количество узлов – 10, размеры области исследования – 1000 на 1000 метров, количество итераций – 1000. Будем моделировать систему, основанную на датчиках WiFi с использованием или без программной маршрутизации. На рисунке 3 представлен сравнительный график живучести системы с включенным/выключенным программным протоколом маршрутизации. На нем на оси ординат – степень живучести системы (в процентах), на оси абсцисс – время работы системы. По графику видно, что разница есть только в общем времени работы системы. Система с включенным протоколом работает на 30 минут дольше (примерно 108,3 % относительно работы системы без включенного протокола). Небольшой прирост связан с разреженностью полученной сети. С течением времени, начиная с 90 минутой, каждый узел имеет малое количество присоединенных узлов, что делает протокол не таким эффективным. Падение к концу весьма закономерно – многие устройства начинают разряжаться полностью и сеть теряет хопы при передаче данных.

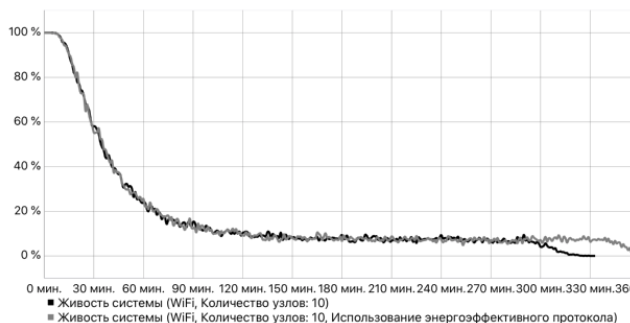


Рис. 3. Сравнительный график живучести системы (WiFi, 10 узлов) с включенным/выключенным протоколом с идентификацией устройства

Если же рассмотреть систему с большим количеством узлов на исследуемой области, то можно увидеть эффективность программного протокола. На рисунке 4 показаны результаты предыдущего эксперимента, но для 50 узлов. Здесь видна общая высокая живучесть системы, в течение 50 минут (53 % от общего времени) с выключенным протоколом и в течение 150 минут (73 % от общего времени) с включенным. Система с включенным протоколом проработала больше на 110 минут, что составляет 216 % от работы без включенного протокола.

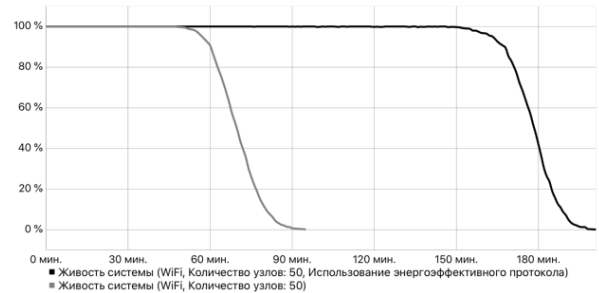


Рис. 4. Сравнительный график живучести системы (WiFi, 50 узлов) с включенным/выключенным протоколом маршрутизации с идентификацией устройства

Теперь рассмотрим два предыдущих эксперимента, но с использованием Bluetooth. На рисунке 5 видно, что на заданной исследуемой области живучесть системы практически равна 0. В самом начале в течение 6 часов степень живучести больше нуля. В связи с этим была изменена область исследования – 200 на 200 метров (Рис. 6). Видно, что закономерность в течение всего эксперимента схожа с графиком на рисунке 3, за исключением резких падений. Это все также показывает небольшую дальность действия датчика Bluetooth. В самом начале моделирования узлы расходятся в разных направлениях, что делает сеть более разреженной, а в самом конце эксперимента из-за отключения некоторых устройств, теряются посредники передачи данных и зоны действия датчика не хватает для большей части покрытия.

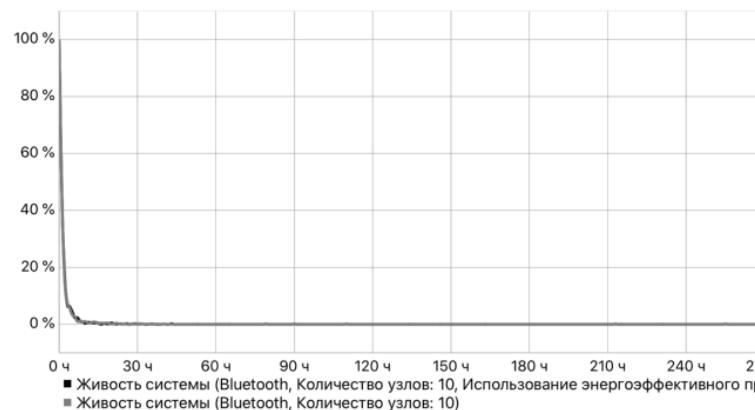


Рис. 5. Сравнительный график живучести системы (Bluetooth, 10 узлов) с включенным/выключенным

протоколом маршрутизации с идентификацией устройства



Рис. 6. Сравнительный график живучести системы (Bluetooth, 10 узлов, область 200 на 200 метров) с включенным/выключенным протоколом маршрутизации с идентификацией устройства

Также можно заметить, что система на рис. 5 существует в целом дольше, чем на рис. 6, потому что в последнем случае повышается пересылка данных, которая тратит энергию. Прирост энергоэффективности в процентах схож, как и в случае использования WiFi.

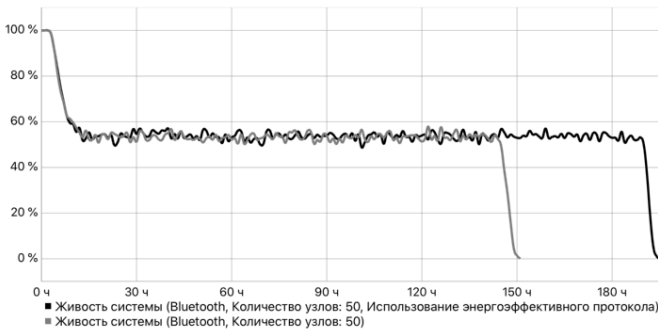


Рис. 7. Сравнительный график живучести системы (Bluetooth, 50 узлов, область 300 на 300 метров) с

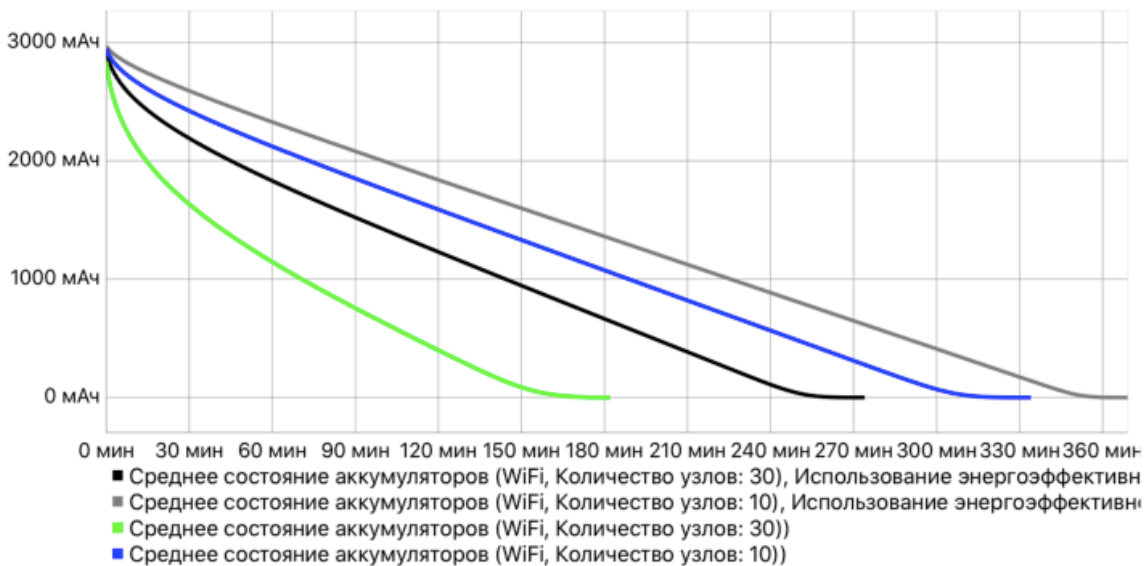


Рис. 9. Сравнение средних состояний аккумуляторов устройств с разной конфигурацией сети

включенным/выключенным протоколом маршрутизации с идентификацией устройства

Далее было проведено исследование количества узлов больше 50, область была увеличена в каждой проекции на 100 метров. Видно, что спустя 12 часов работы системы, степень живучести остается приблизительно равной 55 % и остается до тех пор, пока устройства не начнут постепенно разряжаться. Здесь энергоэффективный протокол дал прирост в 125 %.

На рисунке 8 продемонстрирован тот факт, что увеличение количества узлов не всегда приводит к улучшению покрытия, а наоборот может понижать общее время жизни системы. Это говорит о том, что сеть все также остается разряженной (небольшая дальность действия датчика), но частично увеличивается количество пересылок данных.

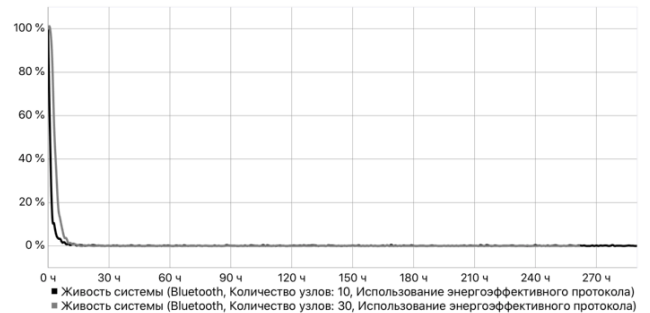


Рис. 8. Увеличение количества узлов системы на одной и той же области исследования (Bluetooth, 10 и 30 узлов, использование протокола маршрутизации с идентификацией устройства)

Последнем исследованием было выполнено сравнение средних состояний аккумуляторов устройств с разной конфигурацией сети (рис. 9). На нем видно, что с увеличением количества узлов падение емкости аккумулятора в первые 30 минут возрастает и, соответственно, уменьшается общее время работоспособности системы. Также можно заметить, что применение программного протокола увеличивает энергоэффективность при увеличении количества узлов, что говорит о большом объеме пересылки данных в первое время работы системы.

Данные исследования будут полезны, если необходимо развернуть разработанную авторами или подобную ей систему (с выбранными датчиками связи) на заранее известной области с известным количеством устройств. Можно спрогнозировать поведение в любой такт времени и исходя из него выбрать изначальную конфигурацию сети (основной датчик приема-передачи и количество узлов).

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы были реализованы возможности работы мобильного приложения в режиме ad hoc благодаря внедрению программной маршрутизации. Также была описана энергоэффективная программная маршрутизация, минимизирующая количество инициализаций отправок.

На основе мобильного приложения были проведены ряды тестирований, которые носили имитационный характер моделирования. Исследованы зависимости выбора датчика WiFi или Bluetooth на время жизни системы и половинного покрытия, зависимость количества узлов и выбора того или иного датчика от живучести системы. Показана в каких случаях достигается эффективность применения описанной программной маршрутизации (в случае увеличения количества узлов и выбора в качестве датчика WiFi). Энергоэффективность приложения с включенной программной маршрутизацией достигалась уменьшением количества пересылок данных между узлами и наилучший эффект был продемонстрирован при большом количестве узлов (более 10 на области исследования 1000 на 1000 метров).

Приложение с разработанной программной маршрутизацией можно применять в реальных боевых задачах, а использование ПО для исследований поможет рационально использовать ресурсы для развешивания системы.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

1. **Al-Akkad A., Ramirez L., Boden A., Randall D., Zimmermann A.,** Help beacons: design and evaluation of an ad-hoc lightweight S.O.S. system for smartphones. 2014, DOI: 10.1145/2556288.2557002.
2. **Philipp D., Durr F., Rothermel K.** A Sensor Network Abstraction for Flexible Public Sensing Systems *IEEE Xplore*: 15 November 2011. DOI: 10.1109/MASS.2011.52

3. **Mayer R., Gupta H, Saurez E., Ramachandran U.** The Fog Makes Sense: Enabling Social Sensing Services with Limited Internet Connectivity, *SocialSens'17: Proceedings of the 2nd International Workshop on Social Sensing* April 2017 p 61–66 DOI:10.1145/3055601.3055614.
4. **Turkes O., Scholten H., Havinga P.J.M.** The SENSE-ME platform: Infrastructure-less smartphone connectivity and decentralized sensing for emergency management. *Pervasive and Mobile Computing*. 2017 Volume 42; 187-208. doi.org/10.1016/j.pmcj.2017.10.004.
5. **Chen, N.** Compressive Sensing-Based Data Uploading in Time-driven Public Sensing Applications / N. Chen // *Institute of Parallel and Distributed Systems*. – 2017. – № 3749. – 78 p.
6. **Huang C., Zappone A., Alexandropoulos G. C., Debbah M. Yuen C.,** Reconfigurable Intelligent Surfaces for Energy Efficiency in Wireless Communication. *IEEE Transactions on Wireless Communications* ( Volume: 18 , Issue: 8 , Aug. 2019 ) DOI: 10.1109/TWC.2019.2922609.
7. **Boyle D., Kolcun R., Yeatman E.,** Energy-Efficient Communication in Wireless Networks. *Semantic Scholar* 2017. DOI: 10.5772/65986
8. Enzinger M. Energy-efficient communication in Wireless Sensor Networks. *Network Architectures and Services*, 2012. doi: 10.2313/NET-2012-08-2\_04
9. **Hugo, V. S. Autonomic IoT Battery Management with Fog Computing / V. S. Hugo, C. J Ana, N. B. Ricardo, B. W. Carlos // Green, Pervasive, and Cloud Computing. – 2019. – № 14. – P. 89 – 104.**
10. **Ganchev, I.** Wireless Networking for Moving Objects: Protocols, Architectures, Tools, Services and Applications / I. Ganchev, M. Curado, A. Kassler. // *Springer*. – 2014. – 301 p.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Приходько Татьяна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительных технологий факультета компьютерных технологий и прикладной математики. Кубанский государственный университет г. Краснодар, Россия (350040. Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, д.149.) pr.tatyana@gmail.com (+7)967-314-55-68 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5137-2064>

**Жудин Никита Андреевич**, магистрант кафедры вычислительных технологий факультета компьютерных технологий и прикладной математики, Кубанский государственный университет г. Краснодар, Россия (350040. Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, д.149.) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8925-4709> andreevichnik@mail.ru

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

# Software routing protocol development for improving ad hoc network energy efficiency in emergency localization mode

Judin N.A., Prikhodko T.A.

**Abstract** - Modern smartphones have a great potential for monitoring and managing emergencies: they are widely distributed, they can establish peer-to-peer wireless communications using short-distance communication technologies, thus ensuring coverage even when stationary infrastructures are unavailable, they can accurately determine their location using several built-in sensors, and send messages even in the absence of global communication.

The authors developed a program for building a connected mobile ad hoc network based on smartphones running the iOS 10 operating system and higher in emergencies, each smartphone participating in the network is equipped with transmitters to work with Wi-Fi and / or Bluetooth interfaces. It is assumed, that neighboring nodes (at least one of them) have access to the global network and can report the available information to the appropriate special (rescue) services.

The application allows you to deploy an ad hoc network without directly accessing the global network of each of its participants, localize the emergency zone, and send an SOS message to all connected nodes. If there were no reachable nodes in the current session, the broadcast is pushed back in time until any node is connected to this session.

This article covers the development and testing of options for energy-saving routing protocols for the described iOS application. Through software modeling have been investigated: how the type of protocol (Wi-Fi, Bluetooth) and software routing schemes affect the energy efficiency and survivability of the system. As well as the influence of the number of nodes on the survivability of the network with different types of sensors.

**Key words** - ad hoc network, communication session, Wi-Fi, Bluetooth, energy-saving routing protocols, Public Sensing for emergency system.

## REFERENCES

1. Al-Akkad A., Ramirez L., Boden A., Randall D., Zimmermann A., Help beacons: design and evaluation of an ad-hoc lightweight S.O.S. system for smartphones. 2014, DOI: 10.1145/2556288.2557002.
2. Philipp D., Durr F., Rothermel K. A Sensor Network Abstraction for Flexible Public Sensing Systems IEEE Xplore: 15 November 2011. DOI: 10.1109/MASS.2011.52
3. Mayer R., Gupta H, Saurez E., Ramachandran U. The Fog Makes Sense: Enabling Social Sensing Services with Limited Internet Connectivity, SocialSens'17: Proceedings of the 2nd International Workshop on Social Sensing April 2017 p 61–66 DOI:10.1145/3055601.3055614.
4. Turkes O., Scholten H., Havinga P.J.M. The SENSE-ME platform: Infrastructure-less smartphone connectivity and decentralized sensing for emergency management. Pervasive and Mobile Computing. 2017 Volume 42; 187-208. doi.org/10.1016/j.pmcj.2017.10.004.
5. Chen, N. Compressive Sensing-Based Data Uploading in Time-driven Public Sensing Applications / N. Chen // Institute of Parallel and Distributed Systems. – 2017. – № 3749. – 78 p.
6. Huang C., Zappone A., Alexandropoulos G. C., Debbah M. Yuen C., Reconfigurable Intelligent Surfaces for Energy Efficiency in Wireless Communication. IEEE Transactions on Wireless Communications ( Volume: 18 , Issue: 8 , Aug. 2019 ) DOI: 10.1109/TWC.2019.2922609.
7. Boyle D., Kolcun R., Yeatman E., Energy-Efficient Communication in Wireless Networks. Semantic Scholar 2017. DOI: 10.5772/65986
8. Enzinger M. Energy-efficient communication in Wireless Sensor Networks. Network Architectures and Services, 2012. doi: 10.2313/NET-2012-08-2\_04
9. Hugo, V. S. Autonomic IoT Battery Management with Fog Computing / V. S. Hugo, C. J Ana, N. B. Ricardo, B. W. Carlos // Green, Pervasive, and Cloud Computing. – 2019. – № 14. – P. 89 – 104.
10. Ganchev, I. Wireless Networking for Moving Objects: Protocols, Architectures, Tools, Services and Applications / I. Ganchev, M. Curado, A. Kassler. // Springer. – 2014. – 301 p.



Information about the Authors:

Tatyana A. Prikhodko, Candidate of Science (Techniques), associate Professor of the Department of computing technologies, Faculty of Computer technologies and Applied Mathematics.

Kuban state University Krasnodar, Russia

(350040. 149, Stavropol str., Krasnodar, Russia.)

pr.tatyana@gmail.com

(+7)967-314-55-68

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5137-2064>

Nikita A. Jhudin, undergraduate student of the Department of computing technologies, faculty of computer technologies and applied mathematics, Faculty of Computer technologies and Applied Mathematics,

Kuban state University Krasnodar, Russia

(350040. 149, Stavropol str., Krasnodar, Russia.)

ORCHID: <https://orcid.org/0000-0002-9299-4051>

andreevichnik@mail.ru

All authors read and approved the final version manuscript