

# ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВЛЕННЫХ НА БПЛА СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ GSM-УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОИСКА ПОСТРАДАВШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧС

Д. И. Думин<sup>1\*</sup>, Ч. З. Динь<sup>1</sup>, В. Д. Фам<sup>1</sup>, Р. В. Киричек<sup>1</sup>

<sup>1</sup> СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\* Адрес для переписки: [xostmachine@gmail.com](mailto:xostmachine@gmail.com)

## Аннотация

**Предмет исследования.** Данная статья посвящена методу локализации пострадавших при помощи обнаружения их носимых GSM-устройств при проведении спасательных работ в очаге чрезвычайных ситуаций (ЧС). **Метод.** В качестве метода применения была предложен, комплекс, состоящий из наземной и воздушной системы, которая включает имитатор базовой станции стандарта GSM и пеленгатор, установленную на беспилотных летательных аппаратах, которая производит облёт очага ЧС и устанавливает связь с GSM-устройствами, задаёт им необходимые для определения их местоположения параметры передачи, производит их привязку к глобальным координатам и передаёт полученную информацию на наземную станцию, через которую данная информация поступает в штаб ЧС. **Основные результаты.** Была определена разница во времени облёта зоны ЧС при использовании одного или нескольких БПЛА, выявлена возможность применения более оптимальных маршрутов облёта и алгоритмов пеленгации. **Практическая значимость.** Предлагаемый метод может быть использован для определения местоположения пострадавших в результате ЧС.

## Ключевые слова

Летающие сети, БПЛА, GSM, чрезвычайные ситуации (ЧС).

## Информация о статье

УДК 004.02

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 10.05.18, принята к печати 01.07.18.

**Ссылка для цитирования:** Думин Д. И., Динь Ч. З., Фам В. Д., Киричек Р. В. Применение установленных на БПЛА систем обнаружения GSM-устройств для поиска пострадавших в результате ЧС // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 2. С. 62–69.

# APPLICATION OF INSTALLED SYSTEMS OF GSM-DEVICE DETECTION ON UAVs FOR SEARCHING VICTIM IN RESULT OF EMERGENCY SITUATIONS

D. Dumin<sup>1\*</sup>, T. D. Dinh<sup>1</sup>, V. D. Pham<sup>1</sup>, R. Kirichek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\* Corresponding author: xostmachine@gmail.com

**Abstract—Research subject.** This article describes a method of detecting a GSM device in result of emergency situation. **Method.** As a method of application, systems located on unmanned aerial vehicles (UAVs) were proposed that scan the GSM signal during flight and send received information to a ground base station. **Core results.** The time of flight of the emergency zone was determined with using three UAVs. **Practical relevance.** The proposed method can be used to determine the location of victims in the result of emergency situations.

**Keywords—**Flying Networks, UAV, GSM, Emergency Situations.

## Article info

Article in Russian.

Received 10.05.18, accepted 01.07.18.

**For citation:** Dumin D., Dinh T. D., Pham V. D., Kirichek R.: Application of Installed Systems of GSM-device Detection on UAVs for Searching Victim in Result of Emergency Situations // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 2. pp. 62–69 (in Russian).

## Введение

За последние годы в мире с изменением климата планеты часто появляются стихийные бедствия, которые значительно влияет на жизнь человека и существующие инфраструктуры на местах. В различных ситуациях, как чрезвычайные ситуации (ЧС), требуется быстро добраться к аварийным местами. В этом случае имеются многие затруднения по определению степени разрушения авария и количества пострадавших, и другие проблемы. Также связи в этой зоне не доступны, так как телекоммуникационная инфраструктура может быть разрушена полностью. При этом в этих зонах требуются способы быстрого развертывания телекоммуникационных систем, которые могут помочь учреждениями добраться к пострадавшим. Одним из методов быстрого развертывания связи является использование групп беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), взаимодействие которых определяется концепцией летающих сетей [1, 2].

За долгое время наблюдения применений летающих сетей видно, что применения на базе БПЛА имеют большие значимости. Различные методы организации сетей БПЛА также изучались, как в [3] авторы рассмотрел метод обеспечения оптимизации траектории движения БПЛА с

целью минимизации времени доставки информации пользователю. Очевидно, что в аварийном случае больше требуется оптимизировать движения БПЛА для поиска пострадавших. Как в [4] было исследование функционирования

ния быстроразворачиваемой летающей сети для экстренных служб, которое представляет систему сбора данных с помощью БПЛА и опрвления их в базовую станцию. Также в [5] авторы предлагали походы организации гетерогенных шлюзов, расположенные на БПЛА, которые могут предоставить связи абонентам в зоне большой плотности пользователей. Аналогия с задачей поиска GSM-устройства был в [6] предложен метод позиционирования элементов сенсорной сети. Из приведенных работ видно, что на базе БПЛА можно развернуть различные применения, которые позволяют решить многие задачи.

В этой статье рассматриваются системы обнаружения GSM-устройств для поиска пострадавших в зонах стихийного бедствия с быстрым развертыванием летающих сетей на базе БПЛА. При этом мы анализируем значимость задачи по этой теме, и предлагается метод для решения этой задачи. Результат организации трех БПЛА для поиска показывает, что более эффективности и время облёта между зонами стихийного бедствия также рассматривается со сравнением использования одного БПЛА.

### **Постановка задачи**

Различные БПЛА применяются довольно продолжительное время. Такие комплексы эксплуатируются в армии, различных силовых ведомствах, а также экстренных службах, которые имеют богатый положительный опыт их применения, с помощью БПЛА производится мониторинг местности на появление новых опасностей и угроз, ведётся контроль аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ. БПЛА могут способствовать оперативному проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в очагах поражения, зонах загрязнения и затопления; Так же могут помочь в радиационной, химической и неспецифической биологической (бактериологической) дистанционной разведке в очагах поражения. Могут быть задействованы в предупреждении и тушении пожаров, в том числе локализации и ликвидации крупных лесных и торфяных пожаров; Различные модификации БПЛА могут помочь в проведении мероприятий по первоочередному жизнеобеспечению пострадавшего населения, а именно: обеспечение транспортировки медикаментов и предметов первой необходимости. Очень часто в условиях стихийных бедствий до пострадавших невозможно добраться, а с помощью БПЛА, можно переместить небольшое количество медикаментов до нужного места. Огромное применение БПЛА имеют в поисково-спасательных работах. Осмотр местности, с применением БПЛА, может существенно ускорить поиск пострадавших. Такие БПЛА в основном оснащаются оптико-электронным или тепловизионными средствами обнаружения. Подобные комплексы широко распространены, однако при определённых условиях, например, отсутствие прямой видимости, могут быть неэффективны и требуют постоянный контроль человека-оператора. Другие поисковые методы и средства практически не применяются<sup>1</sup>.

Сейчас почти невозможно найти человека, который не носил бы с собой мобильный телефон. Телефон, который постоянно поддерживает связь с базовыми станциями, даже без применения GPS, позволяет найти своего владельца.

---

<sup>1</sup> МЧС России. Беспилотные летательные аппараты. URL: <http://78.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/5933005/>

Поэтому поиск пользователя мобильного телефона при ЧС можно осуществлять с применением специально оборудованных БПЛА.

### Преллагаемый метод

Для решения этой задачи необходимо на БПЛА разместить следующую аппаратуру:

- Во-первых, необходимо разместить имитатор базовой станции, который будет выполнять роль ловушки индивидуального номера абонента (IMSI – *International Mobile Subscriber Identity*), производить адресный перевод мобильного абонента (MS – *Mobile Subscriber*) в активный режим (режим передачи), а также управлять мощностью сигнала MS.

- Во-вторых, это поисковая аппаратура для пеленгации GSM-устройств с круговой антенной и возможностью триангуляции источника сигнала.

Оба этих устройства должны быть взаимно синхронизированы, передавать в режиме реального времени полученную информации и управляться с наземного комплекса, либо быть настроенными для работы в автоматическом режиме, что позволит оптимизировать процесс поиска при использовании нескольких БПЛА.

Рассмотрим случай, в котором существующая сеть мобильной связи разрушена в результате ЧС и не функционирует. Включенный мобильный телефон будет постоянно ожидать сигнала от базовой станции. При появлении сигнала от базовых станций, которая постоянно передаёт свои параметры по служебному каналу BCH.

Каналы BCH используются BTS для предоставления MS достаточной информации, которая нужна для синхронизации с сетью. Длина импульса широковещательного канала (BCH – *Broadcast Channel*) занимает 5 и 1/8 кадра TDMA и, следовательно, составляет 23,657 мс. Длина импульса канала BCH также называется пакетом канала BCH.

Можно различить три различных типа каналов BCH:

- Канал управления широковещанием (BCCH – *Broadcast Control Channel*), который дает MS параметры, необходимые для идентификации сети и получения доступа к ней.

- Канал синхронизации (SCH – *Sync Channel*), который дает MS последовательность, необходимую для демодулирования информации, переданной базовой станцией.

- Канал частотной коррекции (FCCH – *Frequency Correction Channel*), который обеспечивает MS опорную частоту системы для его синхронизации, что позволяет скорректировать погрешность частоты, созданную движением БПЛА относительно MS.

Для идентификации абонента имитатор базовой станция запрашивает международный идентификатор мобильного оборудования (IMEI – *International Mobile Equipment Identity*) и IMSI SIM-карты. Так как оба эти значения являются уникальными, собрав списки этих значений можно определить количество абонентов в зоне ЧС и даже идентифицировать их, запросив информацию у соответствующего оператора связи. Конечно, учитывая ограниченный энергоресурс мобильных станции, эта информации будет тем точнее, чем быстрее будет доставлен, развёрнут и применён этот комплекс. Точная информации

о количестве пострадавших в зоне ЧС может существенно повлиять на проведение дальнейших спасательных работ.

Другая информация, которая может существенно повлиять на эффективность спасательных работ – это информация о местоположении пострадавших. От оперативности оказания первой помощи зависит последующая выживаемость, известно, если жизненно важные функции при тяжелой механической травме стабилизировать в течение 1-го часа с момента получения травмы, что шансы на выживание составляют 75–80 %, в течение 2-ого часа они снижаются до 30 %.

При использовании одного БПЛА в составе комплекса, поиск можно произвести следующим образом: во время облёта БПЛА очага ЧС имитатор базовой станции, по широкополосному каналу будет поочередно переводить обнаруженные MS в активный режим, на максимальной, для мобильного устройства стандарта GSM 900, мощности передачи в 1 Ватт. А поисковая аппаратура измерять направление и уровень сигнала соответствующего MS (рис. 1). Благодаря наличию модуля глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС будет происходить привязка местоположения MS к глобальным координатам и передача этих данных в реальном времени в оперативный штаб ЧС, руководящий проведением спасательных работ.

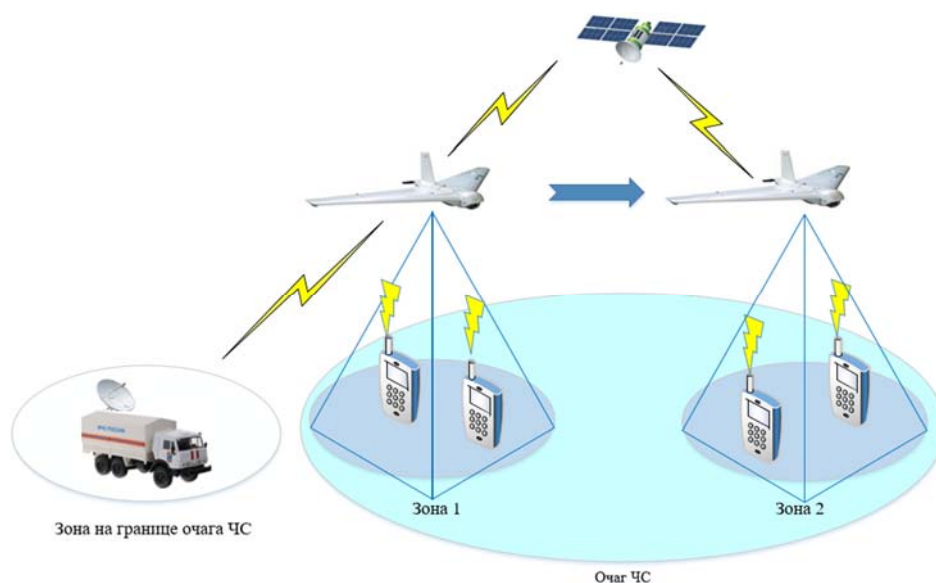


Рис. 1. Обобщённая схема поиска пострадавших с использованием БПЛА

Однако одного измерения недостаточно для определения точного местоположения MS, так-как мощность сигнала может быть искажена и не соответствовать расстоянию до источника сигнала из-за рельефа местности, наличии преград таких как крыши и стены домов, расположения MS в подвальных помещениях или под землёй и т. д. Что бы определить точное местоположение источника сигнала необходимо произвести триангуляцию, для этого необходимо чтобы аппаратура БПЛА произвела измерение с нескольких сторон от источника сигнала. Примем радиус зоны действия поисковой системы, установленной на БПЛА как  $R_{обн}$ , а радиус окружности описывающий очаг ЧС –  $R_{ЧС}$ . Если  $R_{обн} \geq R_{ЧС}$ , то построив маршрут БПЛА по периметру окружности ЧС, при условии,

что автономность БПЛА это позволяет, совершить один облёт по периметру очага ЧС будет достаточно (рис. 2), чтобы определить местоположение MS пострадавших в очаге ЧС.

В том случае если  $R_{обн} < R_{чс}$ , необходимо совершить несколько облётов, разделив очаг ЧС, на зоны поиска с радиусом –  $R_{зп}$  так, что  $R_{зп} \leq R_{обн}$ . Время облёта очага ЧС –  $t_{чс}$ , скорость с которой БПЛА способен совершать облёт зон поиска и определять местоположение MS –  $V_{обн}$ . Полученное время облёта представлено формулой (1):

$$t_{чс} = \frac{2\pi R_{зп} * n_{зп}}{V_{обн}} \quad (1)$$

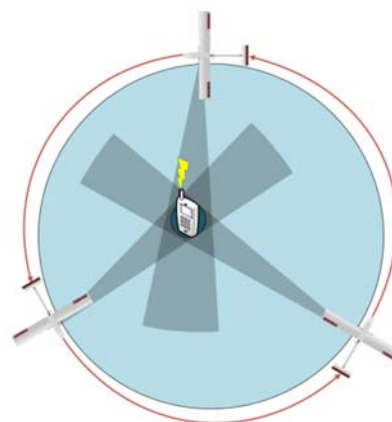


Рис. 2. Определение местоположения MS при помощи триангуляции

Очевидно, что при необходимости совершить облёт нескольких зон поиска, время облёта всей зоны ЧС линейно увеличивается кратно количеству зон поиска. Учитывая ограниченную автономность БПЛА, которой может оказаться недостаточно для облёта всех зон поиска за один вылет. Также влияют на скорость поиска и дополнительные времена, такие как временные затраты на подготовку БПЛА к следующему вылету, конечное время жизни MS, по истечению которого обнаружить пострадавшего данным методом будет невозможно. Кроме этого надо учитывать зависимость вероятности выживания пострадавших от скорости их обнаружения и оказания помощи, которые действительно непредсказываются.

Для того, что можно повысить эффективность данного метода поиска можно используя несколько БПЛА, учитывая минимальное количество измерений необходимых для триангуляции. Так при использовании трёх БПЛА, во-первых, нет необходимости в облёте каждой зоны поиска по периметру: облетая зону ЧС с таким взаиморасположением, что размер окружности, которую три БПЛА будут описывать будет соответствовать размеру зоны поиска. При перемещении к следующей зоне поиска группе БПЛА необходимо, при условии того, что зоны поиска не пересекаются, смещение на позиции к следующей зоне поиска произойдёт на расстояние  $2R_{зп}$ . Тогда время облёта зоны ЧС будет следующим:

$$t_{чс} = \frac{2R_{зп} * n_{зп}}{V_{обн}} .$$

По сравнению с формулой (1), уменьшение времени облёта зоны ЧС в более чем в три раза при решении задачи в которой время – это фактор от которого зависит жизнь людей, показывает рациональность такого применения. Используя три БПЛА возможно найти еще более оптимальный алгоритм облёта, а также после проведения поисковых мероприятий использовать их для доставки медикаментов, воды, пищи и организации связи с пострадавшими в трудно доступных местах.



## Заключение

В этой статье был предложен метод поиска GSM-устройств для определения местоположения пострадавших в зонах стихийного бедствия. Метод был рассмотрен на базе организации летающей сети с использованием БПЛА, которые во время облёта сканируют GSM-сигналы и определяют место исходящего сигнала. Для определения местоположения GSM-устройств были рассмотрены изменения из трех БПЛА для триангуляции. Таким образом, результаты показали требуемое время облёта между зонами для каждого БПЛА при сканировании сигналов.

## Литература

1. Кучерявый А. Е., Владыко А. Г., Киричек Р. В. и др. Летающие сенсорные сети // Электросвязь. 2014. № 9. С. 2–5.
2. Кучерявый А. Е., Владыко А. Г., Киричек Р. В. Теоретические и практические направления исследований в области летающих сенсорных сетей // Электросвязь. 2015. № 7. С. 9–11.
3. Варельджян К. С., Парамонов А. И., Киричек Р. В. Оптимизация траектории движения БПЛА в летающих сенсорных сетях // Электросвязь. 2015. № 7. С. 20–25.
4. Динь Ч. З., Губская О. А., Алисевич Е. А., Данилин С. В., Данилин Д. В., Фам В. Д. Исследование функционирования быстроразворачиваемой летающей сети для экстренных служб // Электросвязь. 2018. № 9. С. 33–38.
5. Динь Ч. З., Киричек Р. В. Подходы к организации мобильных гетерогенных шлюзов на базе беспилотных летательных аппаратов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методической конференция. 2017. С. 260–265.
6. Киричек Р. В., Гришин И. В., Хундонугбо Э. Ф., Думин Д. И. Позиционирование элементов сенсорной сети с использованием беспилотных летательных аппаратов // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 2. С. 26–32.

## References

1. Koucheryavy A., Vladiko A., Kirichek R., et al. Flying Sensor Networks // *Elektrosvyaz*’. 2014. No. 9. pp. 2–5.
2. Koucheryavy A., Vladiko A., Kirichek R. Theoretical and Practical Research Trends in the Field of Flying Ubiquitous Sensor Networks // *Elektrosvyaz*’. 2015. No. 7. pp. 9–11.
3. Varelzhian K., Paramonov A., Kirichek R. Optimization of the UAV’s Motion Trajectory in Flying Ubiquitous Sensor Networks // *Elektrosvyaz*’. 2015. No. 7. pp. 20–25.
4. Dinh Tr., Gubskaya O., Alisevich E., Danilin S., Danilin D., Fam V. Research on Functioning of the Fast Deployable Flying Network for Emergency Services // *Elektrosvyaz*’. 2018. No. 9. pp. 33–38.
5. Dinh Tr., Kirichek R. Approaches to the Organization of Heterogeneous Mobile Gateways Based on Unmanned Aerial Vehicles // 6th International Conference on Advanced Infotelecommunication (ICAIT). 2017. pp. 260–265.
6. Kirichek R., Grishin I., Hundonugbo E., Dumin D.: Method of Positioning Elements of a Sensor Networks Using Unmanned Aerial Vehicles // *Telecom IT*. 2016. Vol. 4. Iss. 2. pp. 26–32 (in Russian).

**Думин Дмитрий Игоревич**

– студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,  
Российская Федерация, xostmachine@gmail.com

**Динь Чыонг Зюи**

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,  
Российская Федерация, din.cz@spbgut.ru

**Фам Ван Дай**

– магистрант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,  
Российская Федерация, daipham93@gmail.com

- Киричек Руслан Валентинович*** – кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, kirichek@sut.ru
- Dumin Dmitry*** – Student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, xostmachine@gmail.com
- Dinh Truong Duy*** – Postgraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, din.cz@spbgut.ru
- Pham Van Dai*** – Undergraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, daipham93@gmail.com
- Kirichek Ruslan*** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru