

Сверхширокополосная радиометка на основе хаотических радиоимпульсов для интернета вещей

М.Г. Попов^{1,2}, М.Ю. Герасимов², А.И. Рыжов²

¹ *Московский Физико-Технический Институт (государственный университет)*

² *Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН*
freeze2@mail.ru

Предложена, разработана и экспериментально проверена сверхширокополосная активная радиометка, использующая в качестве носителя передаваемой информации хаотические радиоимпульсы. Представлена структура метки и приводится алгоритм её работы, производится анализ энергопотребления и способностей системы на основе радиометки, даются оценки производительности. Анализируются характеристики системы на основе радиометки и приводятся возможные сценарии использования, показываются возможности дальнейшего развития системы.

An ultra-wideband active radio tag using chaotic radio pulses for information transmission was suggested, developed and experimentally verified. The structure of the tag is presented and an algorithm for its operation is given, an analysis of the energy consumption, capabilities and performance estimates for the system based on the radio tag are made. The characteristics of the system based on the radio tag are analyzed and possible applications are proposed, possibilities for further development of the system are shown.

Введение

В рамках развивающейся структуры интернета годы наблюдается значительный рост числа интеллектуальных устройств, беспроводных технологий и датчиков. В обозримом будущем ожидается, что триллионы устройств будут подключены к Интернету. Такая концепция, в которой присутствующие вокруг нас устройства способны связываться друг с другом, обмениваться информацией и обрабатывать ее, называется интернетом вещей (Internet of Things – IoT).

Возможности интернета вещей обусловлены способностью устройств образовывать группы, внутри которых происходит обмен релевантной информацией. В этом смысле ценность сети в интернете вещей в зависимости от количества подсоединенных устройств растет экспоненциально.

Сами связи в "интернете вещей" образуются между разнообразными элементами и возможно возникновение разнообразных топологий сети, в том числе возникают и динамические связи. Это приводит к необходимости обнаружения всех возможных узлов и связей в сети, а также к требованию динамически обновлять эту информацию.

Таким образом, в первую очередь в основе технологий интернета вещей лежат достижения в таких областях, как радиочастотная идентификация (radio frequency identification – RFID) и сенсорные сети. [1] При этом технологии RFID могут использоваться для решения, касающихся не только идентификации. Такими задачами могут быть определение местоположения [2] или простейшие датчики состояния окружающей среды [3].

Системы идентификации используют для распознавания ассоциированную с некоторым объектом метку. Сигнал от такой метки может приниматься и обрабатываться считывателем системы, после чего на основе полученной информации происходит дальнейшая обработка. В зависимости от типа питания метки разделяют на два больших класса. Пассивные радиометки получают энергию из сигнала, передаваемого считывателем, а активные обладают собственным источником питания.

Возможность не использовать собственный источник питания позволяет делать очень компактные устройства, однако дальность работы таких систем сильно ограничена. В случае если дальность работы системы должна составлять десятки метров или же возникает задача ретрансляции или организации сетевой инфраструктуры, то рациональным решением проблемы становится использование собственного источника питания.

Активные радиометки, могут быть задействованы в таких сферах, как здравоохранение в клиниках [4], безопасность в шахтах [5] и помощь при экстренных ситуациях [6], логистика [7], системы определения местоположения (как локального, для людей [2], так и более глобального, например, для транспорта [8]).

В докладе рассматривается задача создания активной сверхширокополосной радиометки на основе хаотических радиоимпульсов, а также реализация систем на её основе. При этом одним из условий было создание аппаратной платформы, которая бы позволяла работать в различных режимах, реализовывать различную логику и использоваться впоследствии в качестве основы для применений в области интернета вещей.

Активная радиометка

Для решения задач интернета вещей необходимо создание устройства, способного обеспечивать связь в обоих направлениях или даже реализовывать сетевые возможности. Поэтому, в качестве основы для разрабатываемого устройства был использован универсальный сверхширокополосный беспроводной приемопередающий модуль [9].

Данный модуль имеет возможность подключения внешних блоков. Для реализации активной радиометки в качестве внешнего блока была разработана специальная плата, обеспечивающая электропитание устройства, и создано программное обеспечение, обеспечивающее работу устройства в режиме метки.

Плата для электропитания устройства использует плоскую литиевую батарею. Это решение обусловлено высокой емкостью таких батарей при относительно малых габаритных размерах. Особенностью таких батарей является очень малый ток разряда, который составляет порядка 1 мкА. Пиковое потребление приемопередатчика может достигать 45 мА, поэтому в плате питания был реализован накопительный элемент, позволяющий кратковременно обеспечивать большой ток питания. Приемопередатчик рассчитан на работу от 5 В, в связи с чем была реализована схема, повышающая напряжение.

Внешний вид созданного устройства показан на рисунке 1а. Размер устройства в пластиковом корпусе, включая антенну и источник питания, составляет 50х35х15 мм³.

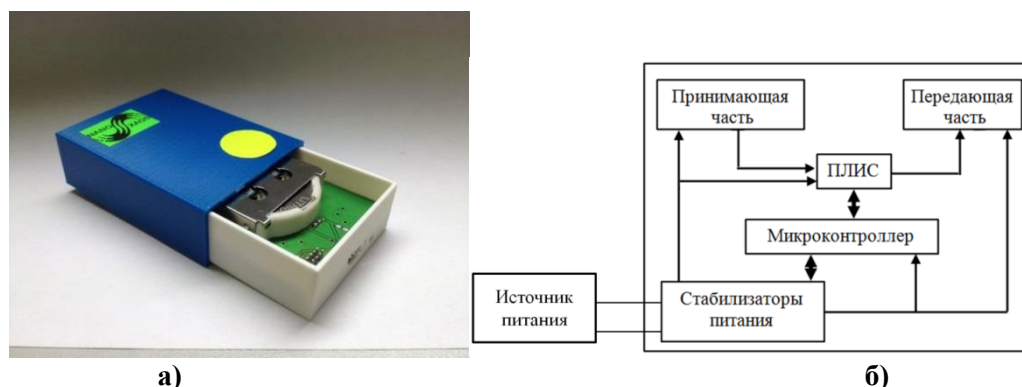


Рис.1 а) Внешний вид активной радиометки в корпусе (с источником питания)
б) структурная схема устройства

Физическая скорость передачи данных меткой составляет 6 Мбит/сек, диапазон рабочих частот лежит в пределах 3 – 5 ГГц. В качестве источника питания используется плоская литиевая батарея CR2450, с емкостью порядка 600 мАч. При размере идентификационного пакета в 10 байт, время передачи равно 17 мкс, а среднее энергопотребление при отправке одного пакета в секунду составляет около 35 мкА. Дальность связи таких модулей составляет до 30 м.

Структурная схема радиометки показана на рисунке 1б. Общее управление включением и выключением различных блоков устройства, а также реализация режимов энергосбережения является задачей микроконтроллера, в то время как за высокоскоростную логику при приеме и отправке сигнала отвечает ПЛИС. Сигнал с выхода ПЛИСа при этом поступает на передающую часть в случае передачи данных и попадает в микроконтроллер через ПЛИС от приемной части в случае приема данных.

Благодаря наличию в метке и передатчика, так и приемника, в отличие от большинства активных меток, она может работать не только в режиме периодического излучения идентификационной информации, но и принимать некоторую информацию от других таких меток. Это может позволить организовывать сети подобных радиометок и передавать информацию путем ретрансляции на расстояния, существенно превышающие радиус идентификации для одиночной радиометки.

Системы на основе активной радиометки

На основе разработанной радиометки был реализован макет системы идентификации. Идентификация подразумевает получение информации от радиометки, которая представляет собой идентификационный номер, и сопоставление этой информацией с некоторыми реальными данными соответствующими объекту, с которым данная метка ассоциирована.

Взаимодействие с радиометкой подразумевает наличие считывателя, позволяющего получать и обрабатывать информацию, поступающую от радиометки. Помимо считывателя, для системы идентификации необходим терминал, к которому будет подключаться считыватель, и программное обеспечение, которое способно выполнять задачу идентификации.

Считыватель для данной системы был реализован на основе такого же приемопередающего модуля и обладает такими же габаритами, как и радиометка. Данный считыватель обладает microUSB разъемом и может быть подключен к некоторому внешнему устройству для того, чтобы получать с него информацию. В качестве терминала для подключения был выбран планшет под управлением ОС Android и было реализовано соответствующее программное обеспечение.

ПО на планшете распознает подключение и обрабатывает приходящие пакеты, сопоставляя их с некоторой информацией, хранимой на самом планшете. Эта информация включает в себя параметры радиометок - номер, краткое описание, которое показывается при обнаружении радиометки, и полное описание, которое доступно при нажатии на метку, а также схему здания и расположение меток в разбиении по этажам.

Радиометки в этом макете программировались на постоянную периодическую посылку сообщений, содержащих фиксированные идентификаторы. Посылка сообщений осуществляется 1 раз в секунду, что позволяет обеспечить длительность непрерывной работы от одного источника порядка 2 лет.

Макет системы идентификации показан на рисунке 2. В правом верхнем углу находится одна из радиометок, в центре можно видеть планшет, с подключенным считывателем системы. На экране планшета отображается план помещения, в котором происходила экспериментальная проверка системы из 5 радиометок.

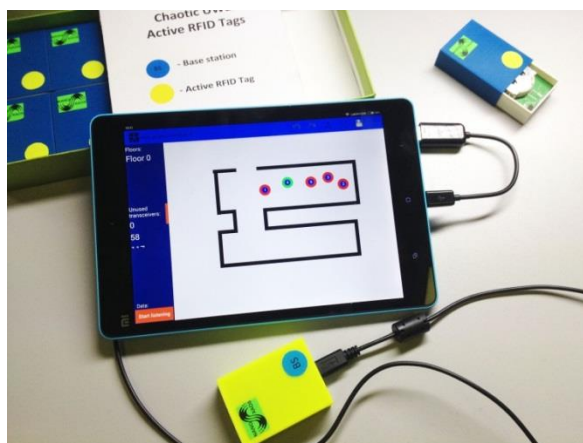
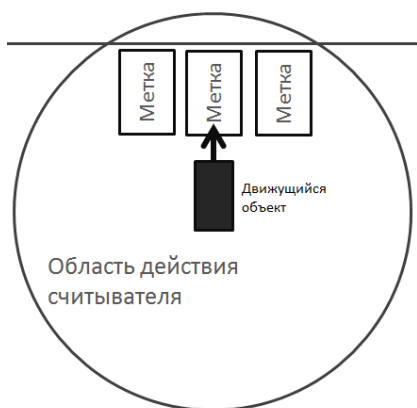


Рис 2. Внешний вид итоговой системы.

Другим примером использования данной системы может служить решение задачи распознавания свободных парковочных мест. При этом на каждом из парковочных мест располагается радиометка. Считыватель системы настраивался таким образом, чтобы радиометки определялись считывателем при обычных условиях, но переставали распознаваться при появлении некоторого экрана. Общая схема показана на рисунке 3а.

В эксперименте в качестве модели транспортного средства использовалась радиоуправляемая модель автомобиля, которая могла закрыть радиометку и препятствовать распространению сигнала. Управление моделью осуществлялось по собственному радиоканалу на частоте 2.4 ГГц. При этом мощность излучения передатчика, установленного на пульте управления, составляет около 20 дБм, что примерно соответствует типовой мощности излучения для точки доступа WiFi.



а)



б)

Рис 3. Эксперимент по определению свободных парковочных мест.

На рисунке 3б показано расположение радиометок. Три радиометки располагались на равных расстояниях друг от друга, таким образом, чтобы имитировать парковочные места. Считыватель располагался на некотором расстоянии от данного места. В начальный момент времени считыватель видит все расположенные радиометки. Однако, когда модель наезжает на парковочное место, сигнал от радиометки ослабляется достаточно для того, чтобы радиометка была не видна считывателю. Таким образом мы можем отслеживать занятость того или иного парковочного места.

В процессе модель двигалась таким образом, чтобы последовательно закрывать различные парковочные места. При этом имелась возможность в реальном времени

удаленно отслеживать, какое из мест было занято, а какие места оставались свободными.

Заключение

Предложена и разработана активная сверхширокополосная радиометка, использующих для передачи информации хаотические радиоимпульсы. Описан механизм её работы, приведены характеристики. В рамках работы была реализована и экспериментально проверена работа системы радиочастотной идентификации, включающая в себя радиометки, считыватель и планшет под управлением ОС Android. Предложены сценарии использования системы.

Литература

1. Li Da Xu, Wu He, and Shancang Li «Internet of Things in Industries: A Survey» // IEEE transactions on industrial informatics, 2014, vol. 10, no. 4, pp. 2233-2243
2. Zhang D., Yang L.T., Chen M., Zhao S., Guo M., Zhang Y. «Real-Time Locating Systems Using Active RFID for Internet of Things» // IEEE Systems journal, 2016, vol. 10, no. 3, pp. 1226-1235
3. Sidén J., Gao J., Neubauer B. «Microstrip antennas for remote moisture sensing using passive RFID» // Microwave Conference, 2009. APMC 2009. Asia Pacific, 7-10 Dec.
4. Shieh H., Huang C., Lyu F., Zhang Z., Zheng T. An emergency care system using RFID and Zigbee techniques // Computer, Consumer and Control (IS3C), International Symposium, 2016, 4-6 July 2016
5. Wei Q., Zhu S., and Du C. Study on key technologies of internet of things perceiving mine // Procedia Engineering, 2011, vol. 26, pp. 2326–2333
6. Ji Z. and Qi A., The application of internet of things (IOT) in emergency management system in China // proceedings of IEEE Int. Conf. Technol. Homeland Security (HST), 2010, pp. 139–142.
7. Geng J. and He Z. Innovation and development strategy of logistics service based on Internet of Things and RFID automatic technology // International Journal of Future Generation Communication and Networking, 2016, vol. 9, no. 12, pp. 251-262
8. Jorge R., Felix V., Cesar P. Design and implementation of a system to estimate arrival times of public transport vehicles with active RFID technology // Telematics and Information Systems (EATIS), 8th Euro American Conference, 2016, 28-29 April
9. Дмитриев А.С., Герасимов М.Ю., Ицков В.В., Лазарев В.А., Попов М.Г., Рыжов А.И. Активные беспроводные сверхширокополосные сети на основе хаотических радиоимпульсов // Радиотехника и электроника, 2017, т. 62, № 4, с. 354-363