

Сверхширокополосная активная радиометка на основе хаотических радиосигналов

А.С. Дмитриев^{1,2}, М.Г. Попов^{1,2}, А.И. Рыжов¹, М.М. Петросян²

¹Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН
Российская Федерация, 125009, Москва, ул. Моховая, 11, стр.7, chaos@cplire.ru

²Московский физико-технический институт (государственный университет)
Российская Федерация, 141700, г. Долгопрудный, Московской обл., Институтский пер., 9

Предложена, разработана и экспериментально проверена сверхширокополосная активная радиометка, использующая в качестве носителя передаваемой информации хаотические радиоимпульсы. Установлено, что радиометка обладает дальностью действия 25 метров, при частоте отправки идентификационных сообщений длиной в 10 байт один раз в секунду, обеспечивает срок службы около двух лет.

Active radio tag based on active ultra wide-band direct chaotic signals was suggested, developed and experimentally verified. Radio tag has distance of identification 25 meters and lifetime about 2 years for identification packet sending rate 1 package in a second.

Введение

Системы автоматической идентификации является одной из неотъемлемых частей современной жизни – начиная с систем транспорта и складского учета, и заканчивая охранными системами и системами контроля доступа. Широкое распространение получили системы радиочастотной идентификации (RFID), использующие для передачи идентификационной информации радиоволны (в отличие от, например, оптических систем).

Типичная структура системы идентификации включает в себя 2 типа устройств - метки и считыватели. При этом считыватель - это устройство, способное принять и обработать информацию от метки.

Существует два основных типа радиометок: активные и пассивные. В системах с пассивными радиометками электромагнитная энергия, необходимая для питания метки, передается посредством электромагнитного поля от считывателя к метке непосредственно в момент считывания. Активная радиометка, напротив, обладает собственным источником питания и не нуждается во внешнем источнике энергии.

Системы идентификации с использованием пассивных радиометок получили широкое распространение в тех областях, где требуется небольшой радиус действия, малый объем передаваемой информации, а также отсутствует сложная логика в работе самой метки. Сюда входит идентификация товаров широкого потребления при продаже или реализации транспортных карт.

Активные радиометки обладают собственным источником питания и, как следствие, увеличенной дальностью работы, могут обеспечивать передачу увеличенного количества информации и реализовывать шифрование. Они применяются в таких задачах, как отслеживание перемещений сырья на производствах, учет больших объемов товаров занимающих большую территорию для логистики, слежение за животными. Несмотря на ограниченное время службы активной радиометки, оно обычно составляет годы, что более чем достаточно в большинстве случаев применения.

В последнее время набирают популярность радиометки, использующие сверхширокополосные сигналы [2-4]. По сравнению узкополосными, они являются более устойчивыми в сложных условиях распространения сигнала, включающих в себя

многолучевое распространение, а также в условиях наличия препятствий и перегородок[5]. Помимо этого, на основе активных радиометок возможно реализовать систему определения местоположения при реализации достаточной инфраструктуры [6].

Радиометки, представленные компанией Zebra, использует для идентификации уникальные номера для каждой из радиометок, а сами радиометки работают только в режиме периодического излучения информации. Решение компании Decawave является исследовательским комплектом, который позволяет реализовывать более сложные системы, но сама компания занимается разработкой микросхем для сверхширокополосной радиосвязи, и готового решения в виде системы идентификации у нее на момент написания не представлено.

При разработке радиометки ставилась задача создания устройства, способного передавать перезаписываемую информацию об объекте и работать в различных режимах. В работе описана разработанная активная сверхширокополосная радиометка с использованием технологии прямохаотической передачи информации.

Радиометка на основе хаотических радиоимпульсов

Разработанная метка представляет собой функциональное устройство, включающее в себя сверхширокополосный беспроводный приемопередатчик и специальную плату, обеспечивающую электропитание устройства. Приемопередатчиком является новое поколение приемопередающего модуля, основанного на приемопередатчиках серии ППС-43[7]. Размер устройства в пластиковом корпусе (рис. 1), включая антенну и источник питания (литиевая батарейка CR2450 емкостью 600 мА, напряжение 3,0 В) составляет 50x35x15 мм³.



Рис.1. Активная СШП радиометка

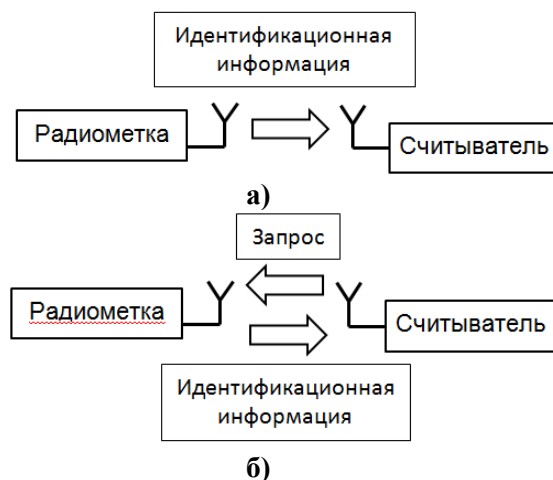


Рис.2. а) Режим маячка б) Режим отклика

Метка может работать в двух режимах:

1. Режим маячка. В этом случае метка периодически излучает содержащуюся в ней информацию в виде пакетов. Периодичность посылки пакетов может меняться, например, в пределах от 0,01 пакета в секунду до 10 пакетов в секунду.

2. Режим отклика. Информация посылается в виде пакета в ответ на запрос со стороны внешнего устройства, например считывателя.

Метка работает в паре с базовой станцией (считывателем). В считывателе используется тот же приемопередающий модуль, что и в метке. Этот модуль может работать как на внутреннюю антенну, так и на внешнюю. В первом случае дальность связи составляет до 30 метров. А в случае использования в считывателе внешней направленной антенны она может быть увеличена до 100 метров.

Для обеспечения длительной автономной работы устройства используется система энергосберегающих режимов. Схемы взаимодействия меток и считывателей в режимах маячка и отклика показаны на рис. 2.

Высокая скорость передачи и малая длительность пакетов (10 Байт, 17 мксек) обеспечивает возможность одновременной работы в режиме маячков без координации моментов излучения порядка 1000 радиометок (при излучении пакета раз в секунду) в области устойчивого приема при вероятности коллизий между пакетами порядка 10^{-2} .

Структурная схема разработанного приемопередающего устройства, используемого в конструкции радиометки, показана на рисунке 3. Общее управление включением и выключением различных блоков устройства 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. Помимо этого, в структуре приемопередатчика также имеются схемы питания, которые обеспечивают необходимые параметры для работы всех частей приемопередатчика.

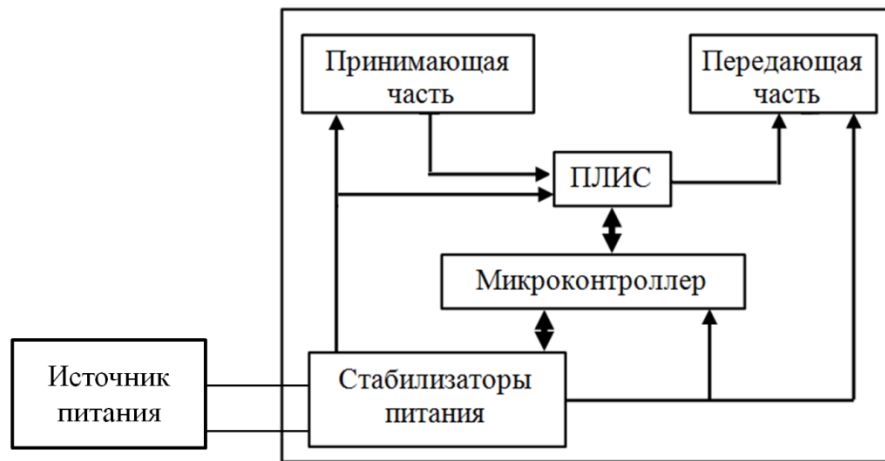


Рис.3. Структурная схема приемопередатчика

В качестве источника питания используется литиевая батарея CR2450. Она обладает высокой емкостью при относительно малых габаритных размерах. При использовании батареи CR2450 емкостью 600 мАч общее время работы устройства, составляет около двух лет.

Батарея имеет выходное напряжение в 3В и рассчитана на малые значения выходного тока, 2 мА, при превышении которого емкость батареи начинает резко падать. Питание приемопередатчика осуществляется от напряжения 5 В, а пиковое потребление тока может составлять до 45 мА. С учетом этих факторов для энергообеспечения радиометки используется специальная электрическая схему (рис. 5). В этой схеме используются конденсаторы, позволяющие накапливать заряд в паузах между отправлением данных и обеспечивающие необходимые значения тока выходного тока в момент передачи.

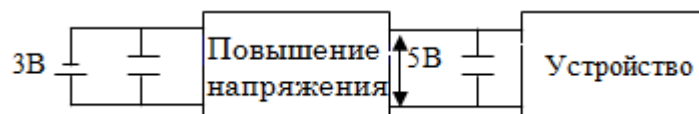


Рис 4. Схема питания

Энергопотребление и энергосберегающие режимы

Рассмотрим режим энергопотребления радиометки в режиме маячка. Для обеспечения длительного времени работы радиометки необходима реализация энергосберегающих режимов.



Рис 5. Цикл работы радиометки

При работе радиометки в режиме маячка, радиометка отправляет с некоторым постоянным периодом сообщение, в которое включается идентификационная информация. Это сообщение принимается и обрабатывается на считывателе. Общий цикл работы радиометки будет выглядеть следующим образом (рис. 5). Основное время своего рабочего цикла устройство находится в спящем режиме, при этом периодически просыпаясь на время, необходимое для отправки пакета. Переходами между режимами управляет микроконтроллер. В спящем режиме вся периферия устройства, за исключением стабилизаторов питания, выключена. Сам микроконтроллер при этом останавливает все операции и отсчитывает время до следующего пакета. По окончании он переходит в рабочий режим и последовательно включает всю необходимую периферию. После отправки идентификационного пакета микроконтроллер отключает все остальные узлы и снова переходит в режим отсчета времени до следующего пакета.

Малый размер пакета, содержащего идентификационный номер и служебную информацию, позволяет отказаться от механизмов синхронизации для предотвращения коллизий и упростить логику работы и снизить общую нагрузку на радиометку.

Энергопотребление при отправке идентификационного сообщения с периодом в 1 секунду в таком режиме с разбиением его по потребляющим блокам устройства показано на рисунке 3. Оно составляет порядка 30 мкА в среднем, при возможном пиковом потреблении в непосредственный момент передачи до 45 мА (рис 6).

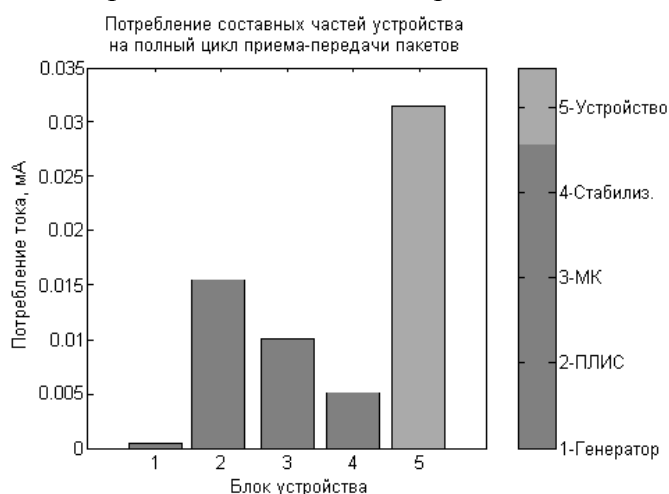


Рис 6. Энергопотребление устройства

Экспериментальная проверка

Экспериментальное исследование разработанной радиометки включало в себя два этапа.

На первом этапе проверялась работоспособность платы электропитания и разработанного для метки программного обеспечения, которое должно было обеспечивать периодическое излучение идентификационных пакетов и реализовывать энергосберегающие режимы работы устройства в целом, а также энергопотребление.

После настройки устройство продемонстрировало устойчивую работу в виде периодически излучаемых пакетов, которые принимались считывателем. Среднее потребление мощности, измеряемое с помощью анализа картины падения напряжения на специальном входном резисторе при помощи осциллографа, при частоте посылки сообщений в 1 Гц составило около 35 мкА, что соответствует расчетам.

На втором этапе определялась дальность работы системы из меток и считывателя, а также возможность снятия информации одновременно с нескольких меток. Проведенные измерения продемонстрировали устойчивую работу меток на расстояниях от 0.5 до 25 метров. Одновременное использование в эксперименте до 5 меток не влияло на устойчивость получения считывателем передаваемых данных.

Заключение

Была предложена и разработана активная сверхширокополосная радиометка, использующая для передачи информации хаотические радиоимпульсы. Описан механизм работы устройства, проведен аналитический расчёт параметров энергопотребления. С меткой проведена серия экспериментов, продемонстрировавших хорошее совпадение реальных характеристик с расчетом.

Работа выполнена при частичной поддержке Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» Министерства образования и науки РФ, Соглашение № 14.604.21.0036. Уникальный идентификатор проекта -RFMEFI60414X0036.

Литература

1. Лахари С. RFID. Руководство по внедрению: пер. с англ. — М.: Кудиц-Пресс, 2007. — 321 с.
2. <https://www.zebra.com/us/en/products/location-solutions/dart-uwbdart-tag.html>
3. <http://www.decawave.com/products/dwm1000-module>
4. A. Toccafondi, D. Zampilli, C. Giovampaola, V. Tesi, “Low-Power UWB Transmitter for RFID Transponder Applications”, RFID-Technologies and Applications (RFID-TA), 2012 IEEE International conference on
5. Андреев Ю.В., Дмитриев А.С., Лазарев В.А., Рыжов А.И. «Экспериментальное исследование распространения сверхширокополосных хаотических сигналов в помещениях», *Успехи современной радиоэлектроники*, 2013, №3, с. 55-66
6. IEEE Standards Association, 802.15.4f-2012 - IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-- Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Amendment 2: Active Radio Frequency Identification (RFID) System Physical Layer (PHY), 2012
7. Дмитриев А.С., Ефремова Е.В., Лазарев В.А., Герасимов М.Ю. «Сверхширокополосная беспроводная самоорганизующаяся прямохаотическая сенсорная сеть», *Успехи современной радиоэлектроники*, 2013, №3, с. 19-29