

О корреляционном разрешении коллизий в системах RFID на ПАВ

В.О. Чебачев

АО «НПП «Радар ммс»

Аннотация: Работа посвящена системе RFID на ПАВ. Рассматривается вопрос разрешения коллизий корреляционным способом. Разрешение коллизий производится по двум корреляционным признакам: корреляционной функции сигнала и корреляционной функции ДКП от сигнала. Создана программа, реализующая такой алгоритм разрешения коллизий. Для создания коллизий использовалась имитационная модель радиометки RFID. Имитационная модель генерирует отклик радиометки со «своим» или со случайным кодом, либо генерирует коллизию откликов со случайными кодами, которая может содержать «свой» код. Приведены результаты работы алгоритма для случаев считывания от двух до десяти меток одновременно. Помимо основной функции алгоритм реализует помехоустойчивое кодирование и декодирование кодов меток с целью устранения ошибок считывания для случая, когда коллизии нет, но высок уровень канального шума. Помехоустойчивое кодирование осуществляется кодами Рида-Соломона.

Ключевые слова: РЧИД, идентификация, корреляционный метод, ПАВ, ДКП

1. Введение

Доклад посвящен решению проблемы коллизий в системах радиочастотной идентификации (RFID) на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Система RFID состоит из набора радиометок, в которых зашифрован идентификационный код, и считывателя, который этот код должен распознать. Крепление радиометки на какой-либо объект позволяет этот объект дистанционно идентифицировать. Коллизией называется одновременный отклик нескольких радиометок на один запросный сигнал считывателя. В условиях коллизии без принятия специальных мер считыватель обычно не может распознать отклик от нескольких меток одновременно. Сложность борьбы с коллизиями является серьезной проблемой, ограничивающей применение систем RFID на ПАВ. Обычно в системах RFID проблема коллизий решается использованием антиколлизийного протокола, позволяющего отключать все облучаемые метки кроме одной – тем самым обеспечивается единовременная передача информации только от одной метки. Однако, радиометка на ПАВ является полностью пассивной и не содержит в своем составе ни одного программируемого элемента, что делает применение антиколлизийного протокола невозможным. Решение проблемы коллизий возможно и другими способами, в частности, применением технологии CDMA, реализующей корреляционное разделение откликов, активно используемой в системах передачи данных [1]. Однако, применение технологии CDMA к данной системе упирается в ту же проблему невозможности программирования метки и в конструктивные особенности метки, ограничивающие длину ее идентификационного кода. Обычно для нормальной работы системы CDMA нужно использовать псевдослучайный идентификационный код длиной от 100 символов, и размер словаря кода должен иметь тот же порядок, что и его длина. В системе RFID при массовом производстве меток необходимо разделить хотя бы 10^6 откликов, а количество символов в коде не превышает 20. В такой ситуации система RFID может разделить отклики от двух меток, но не более. Другие способы разрешения коллизий, описанные в [2, 3], имеют ограничение на количество кодов не более 1000 штук, что делает

невозможным их массовое применение. Таким образом, в массовом производстве меток корреляционный метод разрешения коллизий является безальтернативным. В данной работе приведен способ улучшения характеристик корреляционного метода.

2. Улучшение корреляционного алгоритма разрешения коллизий и результаты его моделирования

Система RFID, рассматриваемая в исследовании, функционирует следующим образом. При отсутствии коллизий считыватель должен прочесть любую метку из семейства. При появлении коллизии считыватель выбирает одну конкретную метку, указанную пользователем, и определяет, есть ли ее отклик в групповом отклике. При отсутствии коллизий в экстремальной шумовой обстановке считыватель действует так же, как и при коллизии. Для системы приняты следующие ограничения:

- рабочий диапазон частот системы составляет 902–928 МГц;
- количество возможных меток в семействе должно быть не менее 10^6 ;
- частота тактирования аналогово-цифрового преобразователя не должна превышать 200 МГц;
- время работы алгоритма не должно превышать 5 с при его моделировании.

Программа не должна содержать длительных переборов и циклов;

- конструкция метки не должна быть сложнее типовой, описанной в [4]. Многочастотное кодирование, как в [2], недопустимо. Метка должна быть дешевой;

- количество рефлекторов в метке должно быть не более 20;
- алгоритм должен уверенно различать отклик своей метки при количестве коллизий $N \leq 3$. Считыватель должен различать отклик своей метки при количестве коллизий $N \leq 10$;

- при вынесении считывателем решения вероятность ложной тревоги должна быть минимальной. Оператор всегда может сделать повторный запрос. Важно не вводить оператора в заблуждение.

В работе не учитываются энергетические характеристики. Предполагается, что они учтены в отношении сигнал-шум в канале.

Исследование проводилось имитационным моделированием. При коллизии модель генерирует отклики меток со строго случайными номерами из словаря. Типовой вид импульсной характеристики радиометки представлен на рисунке 1. Метка кодируется время-позиционным кодом, имеющим вид

10000 01000 00001 00100 00100 00010 и т. д.

Код метки содержит N групп по M символов. В пределах группы только один из символов может быть равен единице, а остальные символы равны нулю. В первой группе положение единицы всегда фиксировано, и для считывателя первая группа является стробом. Облучение метки производится прямоугольным радиоимпульсом [5].

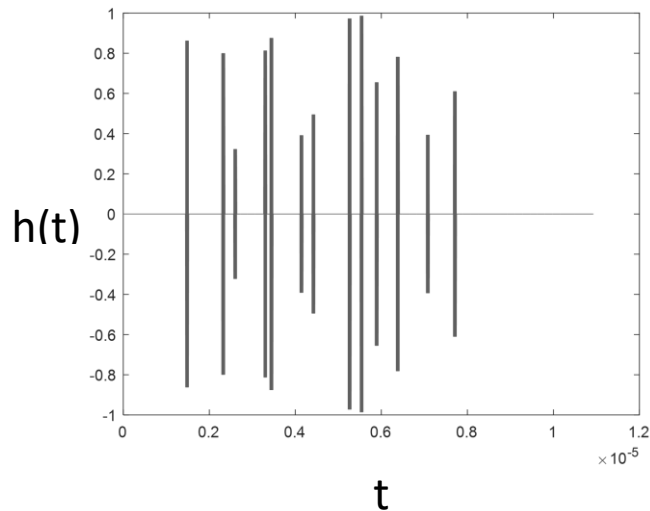


Рисунок 1. Импульсная характеристика радиометки

При кодировании радиометок решалась задача совмещения кода с хорошими корреляционными свойствами для технологии CDMA и помехоустойчивого кода, который бы повысил дальность работы системы для ситуации, когда коллизий нет. Выбор был сделан в пользу помехоустойчивого кода в связи с тем, что для декодирования помехоустойчивого многозначного кода необходимо иметь быстрый алгоритм декодирования. В противном случае выбрать кодовое слово из словаря в 10^6 будет невозможно в реальном времени. Использовался код Рида-Соломона с $N=15$ групп без учета строка и $M=16$ возможных позиций символов в группе. Задача получения приемлемых корреляционных характеристик решалась не кодированием, а алгоритмически. Получить код с хорошими корреляционными характеристиками длиной 20 символов со словарем 10^6 слов возможным не представляется [6].

Алгоритм обработки сигнала приведен на рисунке 2.

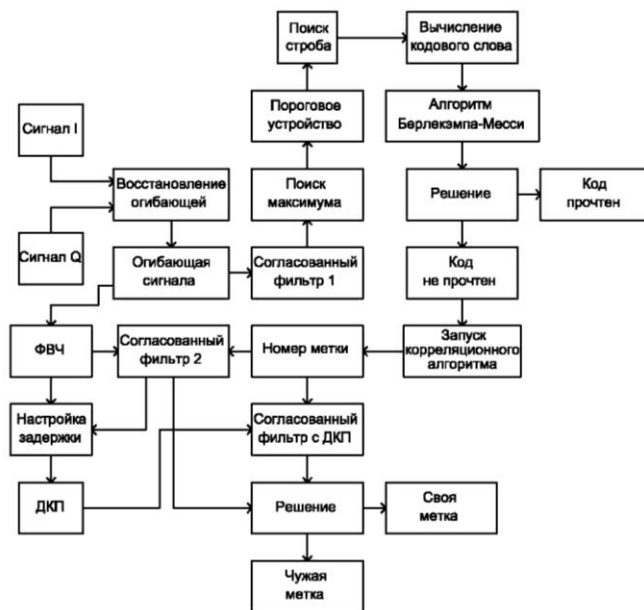


Рисунок 2. Алгоритм обработки сигнала

Исходными данными алгоритма являются квадратурные составляющие I и Q записанного отклика метки, перенесенные на нулевую частоту. Далее с откликом

производится восстановление огибающей и нормировка по уровню, после чего запускается некорреляционный алгоритм. Некорреляционный алгоритм в блоке «согласованный фильтр 1» производит свертку отклика с эталонным прямоугольным импульсом. Далее производится демодуляция сигнала и преобразование его во время-позиционный код. Полученный код Рида-Соломона декодируется с помощью быстрого алгоритма Берлекэмп-Мессе. Далее делается вывод о прочитанном коде или о невозможности его прочтения. Если код не был прочитан, то это могло произойти в том числе по причине коллизии, либо если отклик метки «утонул» в шуме. В этом случае запускается корреляционный алгоритм обработки, начиная с блока «Огибающая сигнала».

Суть корреляционного алгоритма заключается в сопоставлении принятого отклика с эталонным откликом с помощью согласованного фильтра. Идея улучшения корреляционного алгоритма состоит в том, чтобы сопоставить с эталоном не только принятый отклик, но и дискретное косинусное преобразование (ДКП) от него. Решение о соответствии принятого отклика эталонному принимается исходя из двух корреляционных функций. Стоит отметить, что форма ДКП отклика чувствительна к временной задержке, частоте дискретизации, и необходимо, чтобы из отклика была удалена постоянная составляющая. Эти параметры настраиваются в блоках «ФВЧ» и «Настройка задержки».

Решение о соответствии отклика эталонному принимается методами нечеткой логики по пяти критериям. Анализируются уровень главного пика корреляционной функции (КФ) отклика и его ДКП, анализируется второй пик этих откликов, и также анализируется положение пика КФ ДКП по оси абсцисс. Более подробно алгоритм описан в [5].

Результаты моделирования алгоритма приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты работы алгоритма в случаях, когда метка в отклике присутствует

Число меток в зоне облучения	1	2	3	5	7	10
Количество облучений	100	100	100	100	100	100
Число обнаруженных меток	100	96	84	80	81	58
Число ошибок	0	1	3	7	4	12

Таблица 2. Результаты работы алгоритма в случаях, когда метка в отклике отсутствует

Число меток в зоне облучения	1	2	3	5	7	10
Количество облучений	100	100	100	100	100	100
Число ошибочно обнаруженных меток	0	1	3	3	6	10

Как видно из таблиц, с одновременным считыванием 10 меток алгоритм не справляется. При считывании 7 меток он работоспособен.

3. Заключение

Был улучшен корреляционный алгоритм разрешения коллизий в системах RFID на ПАВ. Алгоритм остается работоспособным при коллизии из 7 радиометок.

Список литературы

1. Корреляционные алгоритмы антиколлизии для RFID систем / Н. А. Верзун, Д. М. Воробьева, А. М. Колбанев, М. О. Колбанев // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 1. С. 82–91.
2. Патент РФ на изобретение № 2616342 / 14.04.2017. Сорокин А. В., Шепета А. П., Смирнов Ю. Г. Пассивная антиколлизийная радиочастотная идентификационная метка на поверхностных акустических волнах с частотно-временным кодовым различием.
3. Патент CN105117764B.
4. Патент EA 007777 B1.
5. Чебачев В. О. Результаты применения дискретного косинусного преобразования к задаче корреляционного разрешения коллизий в системах RFID на поверхностных акустических волнах // Вопросы радиоэлектроники. 2020. № 10. С.
6. Чебачев В. О. Помехоустойчивое кодирование радиометок RFID на поверхностных акустических волнах // Вопросы радиоэлектроники. 2020. № 9. С.