

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДВИЖЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ RFID-ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

А.А. Орлов, А.В. Астафьев, Д.П. Попов, М.В. Пшеничкин (ВлГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

Предложена методика автоматического контроля движения изделий при перемещении подъемно-транспортными механизмами. Показана структурная схема средств идентификации перемещаемых изделий и архитектура системы автоматического контроля движения (САКД) на основе RFID-технологии. Рассмотрен алгоритм работы САКД, приведены результаты лабораторных испытаний системы.

Ключевые слова: система автоматического контроля движения, RFID-технология, методика, лабораторные испытания.

Введение

На большинстве предприятий процесс перемещения продукции выполняется подъемно-транспортными механизмами, такими как мостовые краны, автопогрузчики, штабелеры, манипуляторы и т.д. Эти механизмы имеют различные степени свободы перемещения, создавая проблематику отслеживания. Решением данной проблемы является внедрение системы контроля движения. Такие системы подразумевают два взаимосвязанных процесса — идентификацию продукта и определения его местоположения. Большинство систем базируются на двух наиболее достоверных методах, основанных на техническом зрении [1] или радиочастотной идентификации. Эти методы позволяют создать системы автоматического контроля движения изделий (САКД), заменяя человека в опасных и вредных зонах производства, значительно уменьшая его рутинный труд.

Основными достоинствами систем технического зрения являются: относительно дешевая маркировка продукции, возможность считывания человеком без дополнительного оборудования и высокая достоверность считывания. К недостаткам можно отнести: необходимость прямой видимости маркировки, плохая устойчивость к окружающей среде (выгорание метки или частичное перекрытие) и зависимость от освещения.

Радиочастотная идентификация (RFID) не имеет этих недостатков, а также обладает рядом преимуществ [2]: поддержка считывания нескольких меток одновременно, высокая степень безопасности (данные на метках могут быть зашифрованы) [3], большой радиус действия. Минусом RFID является большая цена на маркировку, однако возможность повторного их использования позволяет нивелировать эти затраты. Поэтому САКД, основанные на RFID, являются наиболее перспективной разработкой.

В настоящий момент известны патенты на аналогичные разработки. Так, в основу метода определения места хранения предмета с использованием радиочастотных меток (<http://www.findpatent.ru/patent/234/2378661.html>) заложен расчет изменения сигналов с меток за счет подвижности положения антенны считывателя относительно радиочастотных меток через отдаление и приближения к ним. Перемещаемый груз в процессе транспортировки должен полностью закрывать антенну, экранируя ее таким образом от других меток продукции. Это накладывает ограничение на размеры

и на число перемещаемой продукции (до 1 ед. за 1 раз).

В системе автоматической идентификации и складирования контейнеров (<http://www.findpatent.ru/patent/234/2343100.html>) локализация происходит за счет считывания радиочастотных меток с контейнеров считывателями, установленными на подъемно-транспортных механизмах. Позиционирование реализовано за счет датчиков позиционирования контейнеров, а также датчиков ускорения движения захвата. Недостатки данного подхода — повышенная сложность системы, которая приводит к низкой достоверности результатов из-за отсутствия самоконтроля самого устройства контроля.

В САКД (<http://www.findpatent.ru/patent/234/2343100.html>) в качестве подъемно-транспортного механизма используются автокраны и авто/железнодорожные составы. Процессу маркировки подвергаются составы с продукцией. Составы передвигаются через специальные рамки, где считывается перемещаемая продукция. При таком подходе детализация информации о местоположении продукции слишком мала и ограничена номером состава. Составы движутся по определенным маршрутам через рамки, в которых установлены сенсоры для считывания и не учитывают отклонения от него.

На рынке существуют готовые складские программно-технические комплексы, среди которых можно выделить: систему автоматической идентификации (САИ) объектов подвижного состава железнодорожного транспорта (локомотивов, вагонов, а также крупнотоннажных контейнеров) «Пальма» (ЮНИСКАН/GS1 Russia), а также систему компании JPL RFID. Общим недостатком в подобного рода САИ является схема организации автоматического контроля за движением, когда считывающие устройства устанавливаются стационарно, и движение отслеживаемой продукции происходит при ее прохождении вдоль этого устройства. Обязательным требованием является расположение маркировки в прямой видимости для считывателя, что практически невыполнимо при использовании таких транспортирующих устройств, как мостовые краны, погрузчики, штабелеры и прочие подъемно-транспортные механизмы.

Современные производственные процессы диктуют свои требования к САКД:

— перемещение одновременно нескольких единиц продукции;

— высокая точность детализации информации о местоположении (с точностью до стеллажа или вагона);

— высокая достоверность конечных данных о результатах перемещений ($\geq 95\%$);

— гибкость в маршруте перемещения;

— самоконтроль системы.

Рассмотренные аналоги не отвечают всем критериям современного производства. Поэтому разработка новой САКД является актуальной научно-технической задачей. Для ее решения предполагается использовать множественное считывание и накопление полученных данных. Репрезентативная выборка данных и алгоритмы их обработки должны обеспечить высокую достоверность результатов перемещений, исключая необходимость использования дополнительных датчиков.

Целью настоящей работы является разработка методики автоматического контроля движения изделий при перемещении подъемно-транспортными механизмами, включая структурную схему средств идентификации, архитектуру САКД и алгоритм автоматического контроля движения изделий на основе RFID-технологии при перемещении подъемно-транспортными механизмами.

Структурная схема средств идентификации и архитектура САКД

Для отслеживания груза вне маршрута предложена структурная схема средств идентификации перемещаемых изделий (рис. 1) [4].

На рис. 2 представлена четырехуровневая архитектура разрабатываемой САКД.

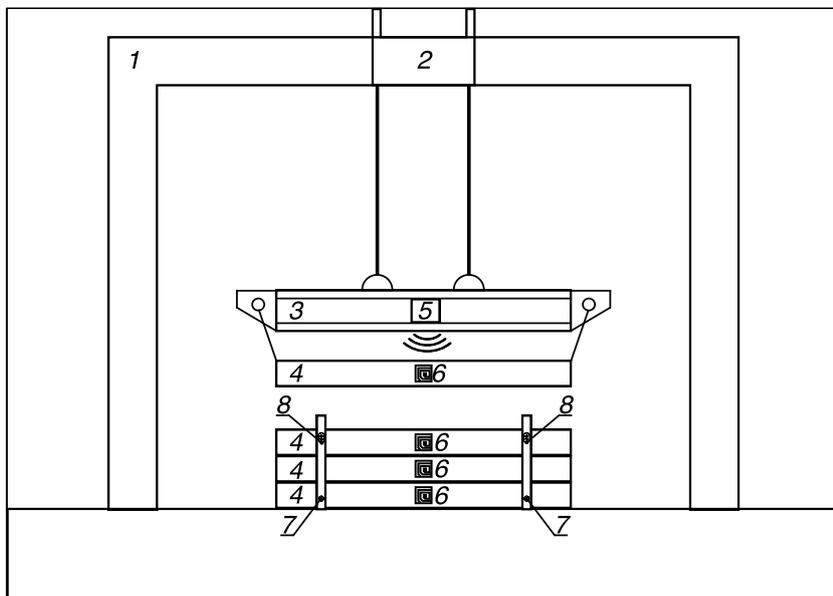


Рис. 1. Структурная схема средств идентификации перемещаемых изделий, где 1, 2, 3 – мостовой кран, тележка и цепная траверса для переноса продукции; 4 – перемещаемый груз или продукция; 5 – автономное считывающее устройство; 6 – RFID-метка изделия; 7 – стеллажи хранения продукции; 8 – Bluetooth-идентификатор стеллажа хранения продукции

1. На уровне активов места складирования оснащаются маячками с Bluetooth Low Energy (iBeacon). Продукты маркируются высокочастотными RFID-метками. Для металлических изделий используются метки с подложкой из ферритовых материалов, которые размещаются на каждой грани.

2. Уровень получения и обработки данных. Клиентский модуль — автономное устройство, которое включает микрокомпьютер, RFID-считыватель, источник питания, Bluetooth-адаптер, Wi-Fi и RFID-антенны. Клиентский модуль взаимодействует с уровнем управления (сервером) посредством технологии Wi-Fi.

3. Уровень управления. Данный уровень представлен сервером, реализованном на стационарном вычислительном устройстве с соответствующим ПО и доступом к сети; маршрутизатором и промежуточным ПО (middleware).

4. Уровень баз данных включает БД RFID-системы с возможностью сопряжения с БД предприятия (система управления складом, ERP, MES и др.).

Некоторые части аппаратного обеспечения могут быть заменены аналогичными с целью удешевления конечной стоимости системы, увеличения производительности либо повышения времени автономной работы.

Алгоритм работы системы

1. Клиентский модуль выполняет репрезентативную выборку данные с iBeacon и RFID-меток в непрерывном режиме.

2. Если начальный стеллаж не определен, а сигнал с меток изделий присутствует, то на основе максимального значения с iBeacon-метки считывающий модуль определяет стеллаж, расстояние до которого минимально. Данный стеллаж устанавливается как начальный.

3. Если начальный стеллаж определен, и сигнал с меток изделий присутствует, то продукция находится в процессе перемещения. Когда уровень сигнала текущего стеллажа стал ниже значения другого стеллажа, считывающее устройство запускает процедуру анализа. В ходе анализа определяются идентификаторы переносимой продукции, начальное и конечное положение изделий, фиксируется время перемещения. В результате формируется отчет, который отправляется на сервер. При недоступности сервера результаты сохраняются в файл.

4. На сервер приходят запросы от клиентских модулей, и выполняется их обработка. Взаимодействуя с базой данных, сервер получает информацию об изделиях, идентификаторы которых присутствуют в запросе. Если данные корректны и начальное положение



Рис. 2. Архитектура аппаратно-программного комплекса САКД

продукта соответствует хранящемуся в БД, то сервер фиксирует транзакцию. В журнал добавляются записи об осуществленном перемещении. Информация в таблице месторасположения изделий обновляется.

5. При возникновении ошибок сервер информирует пользователя через Web-интерфейс и отмечает код ошибки в журнале.

Апробация работы САКД

Для оценки достоверности получаемых результатов было проведено экспериментальное исследование. Предмет исследования — САКД продукции. Объект — продукция, предприятие или склад.

Лабораторный опыт проводился с прототипом системы в условиях, приближенных к производственным. К подвижной тележке был прикреплен макет части траверсы с монтированным сбоку устройством считывания и обработки. Под траверсой на тележке смонтирован поддон для продукции в виде труб. Созданы три стеллажа (с1, с2, с3), каждый из которых промаркирован iBeacon-меткой. Перед экспериментом в систему вносится актуальная карта расположения продукции. Это необходимо, чтобы система могла сама диагностировать ошибки перемещения продукции, детектируя перемещение из неправильного стеллажа.

Произведены следующие варианты перемещений:

1) из с1 в с2 стеллаж — 100 перемещений 100, из них 98 правильных;

2) из с1 в с3 стеллаж — 100 перемещений 100, из них 95 правильных;

3) из с3 в с2 стеллаж — 100 перемещений 100, из них 99 правильных.

Таким образом, результаты эксперимента показали высокую достоверность идентификаций перемещений.

В ходе экспериментов система продемонстрировала высокое быстродействие. Время обработки полученных со считывателя данных составляет < 1 с.

По результатам апробации были собраны сведения, которые позволили внести корректировки в работу системы для повышения ее эффективности.

Заключение

Представленная методика и реализованная САКД позволяют решать проблемы перемещения нескольких единиц продукции одновременно, обеспечивать высокую точность детализации информации о ее местоположении, выполнять самоконтроль системы за счет клиент-серверного подхода и алгоритма анализа истории перемещений, обеспечивать достоверность идентификации продукции и отслеживания перемещений вне маршрута на уровне 97,3%. Проведенные исследования могут использоваться для построения автоматических систем идентификации и контроля перемещения объектов в пространстве.

Список литературы

1. Орлов А.А., Астафьев А.В., Провоторов А.В. Системный анализ методов маркировки промышленных изделий // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. №15. С.136-140.
2. Muhammad Shahzad Alex X. Liu RFID Protocol Design, Optimization, and Security for the Internet of things. The Institution of Engineering and Technology. 2017. 267 p.
3. Muhammad Shahzad Alex X. Liu Identification of Active RFID Tags with Statistically Guaranteed Fairness. 2015 IEEE 23rd International Conference on Network Protocols (ICNP). 2015. 279- 290 p.
4. Орлов А.А., Астафьев А.В., Провоторов А.В. Комплексный анализ систем мониторинга оборудования на производственных предприятиях // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. №15. С.131-135.

Орлов Алексей Александрович — д-р техн. наук, зав. кафедрой физики и прикладной математики,

Астафьев Александр Владимирович — канд. техн. наук, преподаватель,

Попов Дмитрий Петрович — аспирант, Пшеничкин Максим Владимирович — магистрант Владимирский

государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.

Контактные телефоны (49234) 77124, 60-22-64.

E-mail: popovdmitrypetrovich@gmail.com