

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ РОБОТА НА СКЛАДЕ

Работа складов небольших компаний розничной торговли требует использования значительного количества людских ресурсов. Одной из задач автоматизации работы таких складов является автоматическое перемещение робота по складу. Существующие решения больших логистических компаний требуют проектирования складских помещений с нуля, идеально ровные поверхности пола и нанесение специальной довольно сложной разметки [1]. Однако склады небольших компаний это, как правило, металлические стеллажи с бетонным покрытием низкого качества и тусклым освещением. При этом компании не имеют ресурсов на внедрение дорогостоящих автоматизированных систем.

Позиционирование роботов в таких помещениях требует высокой точности, поэтому невозможно использовать для навигации системы GPS (сигнал GPS также может быть просто недоступен внутри помещения). Системы позиционирования роботов, основанные на датчиках в углах помещения, требуют наличия прямой видимости между ними и роботом, что невозможно в условиях стеллажного хранения. Поэтому единственным решением остаётся использование напольной разметки. Однако требования к разметке должны быть минимальными, что в совокупности с плохой освещённостью и низким качеством напольного покрытия делает работу системы позиционирования робота на основе напольной разметки нестабильной.

В работе предлагается использование гибридной системы позиционирования робота, которая основана на использовании линейных камер для распознавания разметки, лазерных датчиков расстояния для дополнительной ориентации робота в проходах стеллажей и подсчёта пройденного пути на основе данных о вращении колес. Система может быть дополнена обычной камерой для реализации распознавания QR-кодов нанесённых на ряды стеллажей и, возможно, стеллажные ячейки в зависимости от вида товара.

Для работы алгоритма позиционирования робота с использованием линейных камер необходимо нанести линии цветом, который выделяется на напольном покрытии. Линии указывают маршруты движения робота. Ориентация робота происходит на основании загруженной в память карты маршрутов и позиции робота на ней на основе расчёта пройденного пути (датчик вращения колёс), количества узловых точек и поворотов (линейные камеры). Информация может быть уточнена сканированием ближайших QR-кодов. Для обеспечения безопасности при движении и определения границ стелла-

жей используются лазерные датчики расстояния. По данным датчиков расстояния определяют:

- наличие препятствий на пути движения робота;
- границы стеллажа и начало межстеллажного прохода;
- подтверждается нахождение робота в межстеллажном проходе.

Связь робота с оператором происходит при помощи сети WiFi, покрытие которой внутри склада несложно реализовать при помощи ретрансляторов.

Алгоритм работы системы:

1. Робот устанавливается на точку старта (обычно место получения заказов со склада);
2. В память робота загружаются актуальные карты разметки с пометками непроходных трасс;
3. В память робота загружаются QR-коды с привязкой к месту установки;
4. Робот получает маршрут движения с точками остановки;
5. Робот следует по маршруту до точки остановки и ждёт подтверждения загрузки товара;
6. После прохода всех точек остановки робот возвращается на точку старта, где происходит сброс предыдущего маршрута.

Маршрут может быть откорректирован в любое время и передан по сети роботу.

Система анализа пройденного пути основана на применении энкодеров или датчика Холла. При независимой подвеске робота и очень полном качестве покрытия, которое может вызывать проскальзывание колёс, конструкция робота может быть дополнена алгоритмом инерциальной навигации на базе датчика акселерометр-гироскоп-магнитометр.

Линейные камеры требуют наличия хорошего освещения, поэтому робот оснащается светодиодной подсветкой с фокусировкой луча в зоне видимости линейной камеры для улучшения распознавания линий. При потере линии робот движется по прямой на расстояние до 0,5 м, осуществляя попытки поиска каждые 15 см. Если линия не найдена – робот останавливается и сообщает об этом оператору. Возможен также возврат на точку старта. При использовании алгоритма инерциальной навигации возможен более сложный алгоритм поиска линии. Пересечением двух черных линий под углом 90 градусов обозначается перекрёсток, что позволяет проводить навигацию простым подсчётом перекрёстков и сравнением пройденного пути.

Поскольку требуется связь с оператором, загрузка карт и, возможно, распознавание QR-кодов, то основой робота может быть одноплатный компьютер. При использовании упрощённой версии достаточно модуля ESP-32. В качестве датчиков возможно использование:

- линейная камера tsl1401;
- лазерный датчик расстояния с программно изменяемым углом обзора 3 шт. VL53L1X.

- датчик вращения колёс модуль датчика Холла А3144;
- датчик для инерциальной навигации GY-9250 или MPU9255 при возможности использования компаса на складе.

Для обеспечения дополнительной безопасности при движении возможно применение ультразвукового датчика расстояния MB1403 для отслеживания препятствий по курсу следования.

При реализации робота на основе одноплатного компьютера разработанная система позиционирования может быть дополнена модулем ориентации по ультразвуковым маякам, которые размещаются в наиболее критичных для навигации местах.

При реализации яркой подсветки линии для улучшения качества детектирования и минимизации вероятности ошибки возможна реализация дополнительного модуля распознавания линии на основе полноразмерной камеры и алгоритма OpenCV [2].

Разработанная модель системы позиционирования робота на складе не требует больших финансовых затрат для внедрения, может использоваться в любых одноэтажных складских помещениях, основана на современном мировом опыте применения автономных роботов для внутрискладской логистики [3] и может представлять интерес для небольших компаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zagadka Nauki. Роботизированное товарообращение на складе. [Электронный ресурс] / Zagadka Nauki. // Youtube. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=i93ubNgic1I>. – Название с экрана. – Дата публикации: 26.06.2014. – Дата просмотра: 09.04.2019.

2. Stantin. Следование линии на основе OpenCV. [Электронный ресурс] / Stantin. // Habr. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/426675/>. – Название с экрана. – Дата публикации: 23.10.2018. – Дата просмотра: 09.04.2019.

3. Лучшие документальные фильмы. Мегазаводы: Танк Abrams M1 / Tank Abrams M1. [Электронный ресурс] / Лучшие документальные фильмы. // Youtube. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=SN-azKJcNwY>. – Название с экрана. – Дата публикации: 31.05.2018. – Дата просмотра: 09.04.2019.