Филиал федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения

высшего профессионального образования

«Национальный исследовательский университет

«МЭИ»

в г. Смоленске

номинация: «Исследования в области технических наук»

Киселев Константин Олегович, ФКТЭ,

Электроника и микропроцессорная техника, 4 курс, ПЭ-10

**КОМПЛЕКС АЛГОРИТМОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ**

Смоленск-2014

1 Актуальность и проблематика научной работы

Важной задачей в современной робототехнике является разработка способов определения положения робота в окружающем пространстве.

Наиболее передовые алгоритмы используют изображение с видеокамер и дальномеров для определения положения робота. В иностранной литературе алгоритмы определения положения робота на карте одновременно с построением карты называют аббревиатурой SLAM (Simultaneous Location and Mapping). Для определения положения они используют "особые точки" в имеющихся данных, которых обычно не так уж много. Поэтому при длительной работе возникают ошибки – полученный образ пространства искажается, хотя возможность навигации по карте сохраняется.

2 Цели научной работы

Целями данной работы являются разработка более эффективного SLAM алгоритма, использующего все данные от сканирующего дальномера об окружающем пространстве, а не только "особые точки"; разработка алгоритма поиска положения робота на имеющейся в памяти карте.

3 Задачи научной работы

Разработка способа поиска положения робота на имеющейся в памяти карте, основываясь на показаниях сканирующего дальномера;

Разработка алгоритма определения перемещений робота, основываясь на показаниях сканирующего дальномера;

Разработка алгоритма построения образа окружающего пространства;

Исследование работоспособности разработанных алгоритмов.

4 Научная новизна и теоретическая значимость научной работы

Научная новизна работы заключается в следующем:

предложен алгоритм поиска положения робота на карте, хранящейся в памяти, основываясь на показаниях дальномеров;

разработан SLAM алгоритм, использующий максимальный объем данных для определения перемещений робота;

проведена оптимизация разработанного SLAM алгоритма;

проведено моделирование работоспособности алгоритмов в Matlab.

Практическая ценность работы состоит в следующем:

разработанные алгоритмы могут быть применены в реальных робототехнических системах для определения перемещений робота и построения образа окружающего пространства

сформулированы рекомендации к измерительной аппаратуре для применения алгоритма

5 Материалы и методы исследования

В ходе работы были использованы следующие методы:

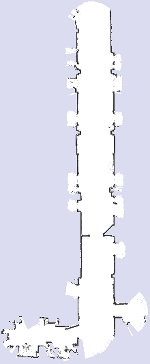
использование преобразования Хафа для поиска геометрических объектов;

метод математических преобразований для оптимизации вычислений;

корреляционный анализ;

Имитационное моделирование в Matlab;

На рисунке 1б видно типичное для SLAM (с помощью фильтров частиц) искажение образа пространства 1а.



а) б)

Рисунок 1 – Изображения а) реальной карты помещения б) карты помещения, полученной с помощью SLAM алгоритмов

Для устранения подобных искажений необходимо учитывать не только особые точки, но и сами прямые объекты – стены и другие длинные прямые предметы. Для этого необходимо сначала выделить эти объекты во входных данных. Для поиска прямых линий обычно используется преобразование Хафа [D.H. Ballard, «Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes»].

Для реализации SLAM-метода, основанного на анализе прямых, окружающих робота, необходимо найти во входных данных прямые, установить их соответствие с предыдущими измерениями, вычислить перемещение. Для установления соответствия прямых, обнаруженных в новых данных и известных ранее используется вероятностный подход, т.к. применение метода Лукаса-Канаде оказалось не эффективным. Последним этапом алгоритма является обновление карты окружающего пространства.

Классическое преобразование Хафа является достаточно ресурсоемким. Для обеспечения работоспособности в реальном времени разработано ускоренное преобразование Хафа для обработки показаний дальномеров.

Для обеспечения работоспособности алгоритма единственным требованием к дальномеру является минимальный апертурный угол. Этому требованию соответствует применение лазерных дальномеров.

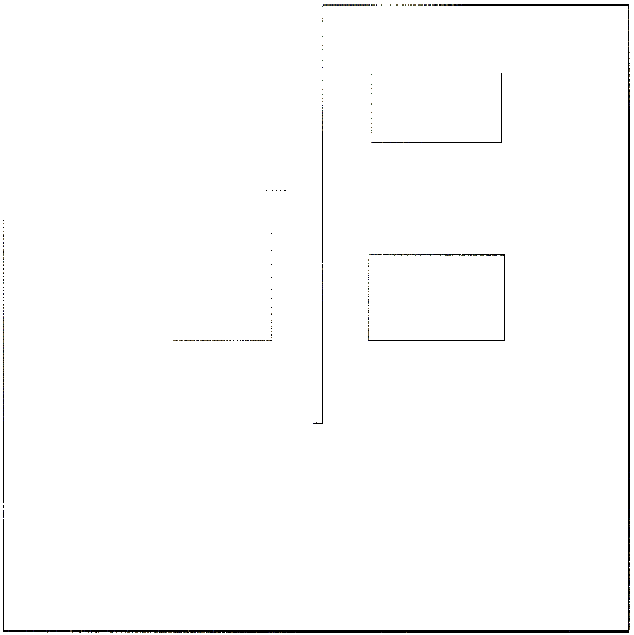


Рисунок 2 – Построенная карта пространства

Моделирование работы алгоритма проводилось в Matlab имитацией движения по траектории из 121 точки. Построенная при тестировании алгоритма карта отображена на рисунке 2. На ней отсутствуют искажения прямых объектов, такие как заметны на рисунка 1б.

Начальное положение робота на имеющейся в памяти карте эффективно определять с помощью корреляционного анализа. Исходными данными являются: матрица M - план помещения (размером MaxNa) и массив измерений дальномера, который представляет собой набор точек (*l*i, *α*i) – расстояния *l*i до объекта в направлении угла *α*i. По этим данным строится матрица T образа помещения. Вычисляется ВКФ матриц M и T. В ней находится максимум, указывающий на положение робота.

Аналогичным образом возможно и определение координат в трехмерном пространстве.

При моделировании робот помещался в произвольные места карты. Погрешность расчета положения координат составила: ±1 (разрешение расчета); максимальная ошибка измерения угла 0,0098 рад = 0,56о, что меньше разрешения расчета.

Разработанные алгоритмы с успехом могут быть применены для реализации систем навигации различных роботов, таких как: роботы-пылесосы, роботы-официанты, роботы – экскурсоводы, роботы для помощи людям с ограниченными возможностями, охранные роботы.

**7 Результаты, теоретическая и практическая ценность научной работы**

Показаны преимущества SLAM-метода с использованием прямых над методом фильтра частиц.

Разработано оптимизированное для обработки показаний дальномеров преобразование Хафа.

Разработан алгоритм поиска положения робота на карте

Разработан алгоритм вычисления перемещений робота по карте, одновременно с построением карты(SLAM-метод)

Показана возможность использования алгоритмов для работы в трехмерном пространстве.

Сформулированы требования к оборудованию, необходимому для обеспечения работоспособности алгоритма.

Виртуальный эксперимент подтвердил работоспособность разработанных алгоритмов.

**8 Список литературы, опубликованной авторами по теме научной работы**

1. Киселев К.О. / [ПРИМЕНЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКОМ ЗРЕНИИ: НАВИГАЦИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ](http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-40-html/kiselev/kiselev.htm)// Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. - Т. 12. - Вып. 4. - 2013
2. Киселев К.О. / ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ХАФА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОКАЗАНИЙ ДАЛЬНОМЕРОВ // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. - Т. 12. - Вып. 1. – 2014
3. Киселев К.О. / Метод определения перемещений робота с помощью дальномеров // 11-я Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика» - СФ МЭИ, 2014.