

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ В ЗАДАЧАХ КАРТИРОВАНИЯ

И.Д. Щербаков, М.А. Мурин
Научный руководитель: Н.С. Криницын
Томский политехнический университет
taraz1995@mail.ru

Введение

Потребность использовать мобильных роботов в закрытых помещениях либо в условиях отсутствия сигналов ГНСС встречается довольно часто в последнее время. Для ориентации роботов в пространстве используются 2D/3D карты, получаемые с помощью различных датчиков, таких как ультразвуковые и оптические дальномеры, радары, видеокамеры.

В данной работе проведено исследование возможности идентификации расположения более одного объекта в зоне видимости датчиков, используя ультразвуковой датчик собственной разработки (РУЗ), серийно выпускаемым УЗ датчиком расстояния (URM37) и лидаром (Rplidar A1) [1]. Представлены результаты практического применения в задачах построения карт. Проведено сравнение полученных результатов.

Оборудование и методы

Для проведения экспериментов была собрана измерительная система: MS2. Используя данную схему производился эксперимент по построению 2D карты помещения. В задаче построения карты перемещение датчиков производилось с использованием платформы KUKA youBot.

Существуют различные мобильные системы кругового обзора для построения карт окружающего пространства. Например, использование одного датчика и поворотного устройства (сервопривода) [2]. Либо можно использовать систему, состоящая как минимум из 4-х ультразвуковых дальномеров [3].

Система MS2 включает три измерительные подсистемы. Первая подсистема представляет собой 8 РУЗ, расположенных в горизонтальной плоскости на единой раме и сдвинутых на угол в 45 градусов относительно друг друга. Вторая подсистема представляет собой 8 URM37, расположенных в горизонтальной плоскости на единой раме и сдвинутых на угол в 45 градусов относительно друг друга. Третья подсистема – сканирующий лидар Rplidar A1.

Считывание данных с РУЗ производилось с помощью платы сбора. Плата сбора подключалась к РС youBot через USB. Для сбора данных с URM37 использовались аналоговые входы/выходы микроконтроллер Arduino Mega.

Для обнаружения нескольких препятствий в программном обеспечении был реализован алгоритм, когда после срабатывания пикового детектора, процесс измерения не прерывается, а анализируется дальнейшая принимаемая информация. В

случае наличия второго (третьего и т.д.) препятствия и превышения отраженного сигнала над порогом производится расчет соответствующего расстояния. В большинстве вариантов ультразвуковых дальномеров, представленных на рынке, расстояние определяется по первому препятствию, после чего цикл измерений завершается.

Амплитуда отраженного сигнала зависит от большого количества факторов, среди которых: отражательная способность материала, взаимное расположение нормалей приемника и отражающей поверхности, расстояние между приемником и отражающей поверхностью и т.д. Аналитически учесть влияние всех факторов на амплитуду принятого отраженного сигнала не представляется возможным. Для фильтрации отраженного сигнала от ложного сигнала были определены следующие правила:

- минимальные требования к амплитуде отраженного сигнала – 5 мВ. Данное правило позволяет отфильтровать шумы.

- амплитуда каждого отраженного сигнала должна составлять не менее 50 % от максимального среди пришедших ранее отраженного сигнала. Данное правило позволяет исключить переотраженный сигнал.

- анализировать только отраженный сигнал, соответствующие дистанции более 0.2 метров. Нижний предел обусловлен наличием переотраженного сигнала не связанного с препятствием.

Проведение эксперимента

Регулярной задачей при построении карт является выявление объектов небольших размеров на фоне больших объектов.

В проводимом эксперименте в качестве препятствий использовалась стена, цилиндрический объект с диаметром 50мм и объект с длиной сторон 25мм. Высота объектов 2 метра. Для исследований использовалась схема MS2. Эксперимент заключался в определении расстояния до объектов и стен при перемещении измерительной системы параллельно стене.

Информация об амплитудах отраженного сигнала позволяет определить центр и ширину объекта, в экспериментах с квадратным в сечении объектом (амплитуда первого отраженного сигнала в этот момент максимальна, а амплитуда второго отраженного сигнала минимальна. Сложнее идентифицировать цилиндрический объект), амплитуда его отраженного сигнала после попадания в поле зрения сенсора меняется незначительно в силу одинаковой площади отражения во всех направлениях, но момент перекрытия цилиндрическим объектом

стены можно идентифицировать по снижению амплитуды отраженного сигнала от стены.

Построение карты помещения производилось методом инкрементного отражения [4], с применением схемы эксперимента MS2. Помещение имеет прямоугольную форму с размерами 6.7м и 4.6м. Препятствия располагались вдоль стены. Измерительная система передвигалась 4м по прямой линии вдоль стены. Экспериментальные данные не фильтровались. Построенные каждым из трех устройств карты приведены на рисунке 1.

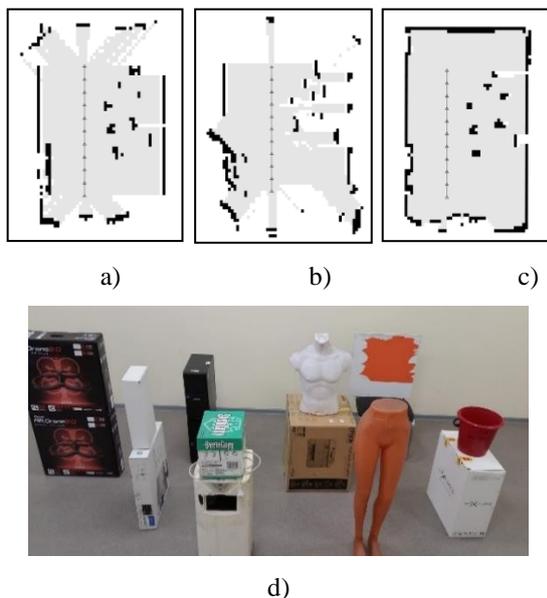


Рис. 1. Карта, построенная РУЗ (а), URM37 (б), RPLidar (с) и общий вид помещения (д)

В результате исследования получены экспериментальные данные по сравнению точности определения расстояний, возможности идентификации нескольких близко расположенных объектов, а также получены карты помещения с использованием лидара Rplidar A1, ультразвукового датчика DFRobot URM37 v4.0 и РУЗ датчика.

РУЗ позволяет непрерывно определять расстояние до двух объектов. URM37 в эксперименте так же видит оба препятствия, но информация поступает только об одном. Периодические переключения URM37 с одного препятствия на другое может исказить представление об окружающей ситуации для системы верхнего уровня. В задачах построения карт информация о расстоянии до нескольких объектов позволяет лучше сориентировать объекты, находящиеся не в прямой видимости сенсора.

А информация об амплитуде отраженных сигналов, можно использовать для расчета веса текущего измерения.

Заключение

Доказано, что разработанный способ обработки отраженного сигнала позволяет определять расстояние до нескольких препятствий. Этим качеством не обладают ни серийно выпускаемые ультразвуковые датчики, ни оптические дальномеры. Способность РУЗ определять более 1 препятствия дает преимущество по идентификации объектов при их высокой концентрации. Это может быть полезным в задачах навигации внутри неподготовленных помещений, и демонстрирует конкурентные преимущества РУЗ в сравнении с другими образцами ультразвуковых датчиков.

В среднем точность построения карты с использованием РАЗ выше чем URM37, но уступает результатам Rplidar A1 как по точности, так и по затраченному времени.

Точность измерения расстояний примерно одинаковая у всех проверяемых датчиков.

Для улучшения получаемых карт рекомендуется совместное использование данных от Rplidar A1 и РАЗ. Ожидаемая карта будет содержать точные данные о препятствиях в прямой видимости плоскости сканирования лидара и информацию о препятствиях, расположенных вне этой плоскости, в том числе, не в прямой видимости.

Список использованных источников

1. А.Н. Кудрявцев, М.А. Мурун, А.С. Раков, Д.С. Раков Ультразвуковая система обнаружения препятствий для беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа // Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн: сборник трудов VIII Всероссийские Арmandовские чтения, г.Муром, 27-29 ноября 2017 г. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2017.
2. J. Jeong, T. S. Yoon, J. B. Park, Towards a meaningful 3D map using a 3D lidar and a camera. Sensors // Sensors (Switzerland). – vol. 18(8), 6 August 2018.
3. K. Nakajima, C. Premachandra, K. Kato 3D environment mapping and self-position estimation by a small flying robot mounted with a movable ultrasonic range sensor // Journal of Electrical Systems and Information Technology, vol. 4(2), С. 289-298, сентябрь 2017.
4. С. Stachniss, Robotic Mapping and Exploration // Springer, vol. 55, January 2009.