



УДК621.396.93

С.В. Лебедева – доцент кафедры радиоэлектроники, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
В.И. Мерзляков – ст. преподаватель каф. радиоэлектроники, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО ПРИЧАЛА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Ключевые слова: измерение расстояний, радиочастотные технологии измерения расстояния, ультраширокополосная радиочастотная технология

В докладе анализируются известные способы измерения расстояний между двумя объектами для возможного применения в системах автоматической швартовки судов.

Одним из актуальных направлений для создания автоматизированных и автоматических систем в настоящее время является использование систем позиционирования объектов в самых разных отраслях деятельности.

Измерение расстояния между судном и причалом в настоящее время производится приблизительно. Для судоводителя процесс швартовки является одним из самых сложных и ответственных этапов, поскольку всегда есть риск повреждения причальных сооружений и корпуса судна, порчи груза и загрязнения окружающей среды. Судоводителю необходима непрерывная информация о расстояниях до причала от носа и кормы судна, скорости и направлении движения. Для безопасной швартовки судна необходимо иметь информацию о мгновенных расстояниях от носа и кормы судна до причала с определенной точностью (около 10 см), об угле подхода (с точностью 1 градус), продольной и поперечной скоростях (с точностью 0,02 узла) [1].

Для решения аналогичных задач существуют различные системы и устройства, реализующие измерения расстояния различными методами.

Наиболее известны системы GPS/ГЛОНАСС, которые используются повсеместно. Эти системы возможно использовать и для выполнения швартовых операций при подходе к причалу [2, 3], но эти системы имеют ряд недостатков.

При распространении радиосигнала со спутника он искажается в ионосфере, поэтому без применения специальной дополнительной наземной инфраструктуры – систем дифференциальной коррекции реальная точность позиционирования обычно измеряется в метрах или десятках метров. Системы дифференциальной коррекции могут существенно увеличить точность позиционирования, но стоимость таких систем будет довольно высокой.

В сотовых сетях и сетях Wi-Fi точность позиционирования составляет также десятки метров, поэтому они не пригодны для систем позиционирования судна в процессе швартовки.

Существуют системы автоматизированной швартовки, использующие лазерные и ультразвуковые дальнометры. Эти системы имеют самую высокую точность определения расстояний и скоростей. К недостаткам лазерных систем можно отнести некоторую зависимость дальности действия от погодных условий, к которым относятся яркий

солнечный свет, дождь, снег, туман. Дальность работы этих систем определяется и поглощающей способностью поверхности предмета, поэтому желательно использовать специальные светоотражатели.

Недостатки ультразвуковых систем – это потери сигнала из-за препятствий, ложные сигналы из-за переотражений и помехи от высокочастотных источников звука.

Главным недостатком этих технологий является отсутствие информации, от чего отразился луч, от причала или от берега.

Для определения местоположения объекта может быть использован ряд новых технологий, предлагающих разнообразные подходы измерения расстояний с помощью радиосигналов: способы, основанные на определении мощности входного сигнала (Receive Signal Strength Indication или RSSI), времени прохождения сигнала (Time of Flight или ToF), сдвига фаз радиоволн (Phase Difference) и определение углового положения объекта (Angular Positioning). Наибольшее распространение получили методы, основанные на определении мощности принимаемого сигнала и вычислении времени прохождения сигнала.

Метод RSSI использует преобразование значения уровня сигнала между источником и приемником в расстояние. В этом способе основными проблемами являются ослабление сигнала и увеличение времени его распространения при переотражениях.

Метод ToF основан на измерении времени распространения радиосигнала от передатчика до приемника. Одна из модификаций метода ToF получила название симметричное двустороннее двухступенчатое измерение расстояний (Symmetric Double Sided Two Way Ranging или SDS-TWR), принцип действия которой показан на рис.1. Для измерения расстояний этим методом объект А посылает объекту В пакет, содержащий запрос на измерение, и фиксирует время отправки $t_{\text{Отпр}}$. Объект В, отправляет объекту А подтверждение (АСК-пакет). Объект А фиксирует время получения ответа ($t_{\text{Апр}}$). Время распространения сигнала T_{PC} вычисляется по формуле:

$$T_{\text{PC}} = (T_{\text{цикла А}} - T_{\text{отклика В}}) / 2,$$

где $T_{\text{цикла А}}$ — время, измеренное объектом А с момента отправки пакета объекту В до получения АСК-пакета от объекта В; $T_{\text{отклика В}}$ — время, измеренное объектом В с момента получения пакета от объекта А до отправки АСК-пакета. Считая скорость распространения сигнала в среде известной и постоянной величиной, легко вычислить расстояние между объектами.

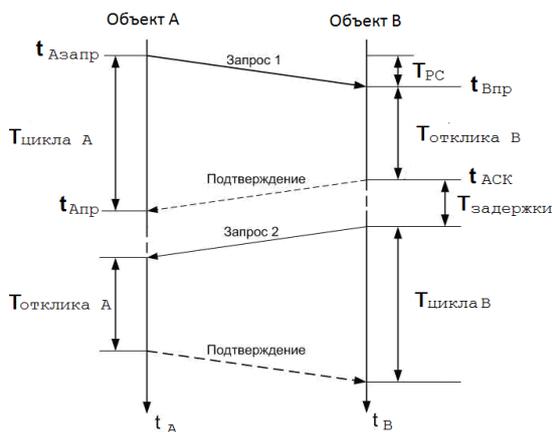


Рисунок 1. Измерение расстояний методом SDS-TWR между объектами А и В

Из рис. 1 видно, что измерение времен $T_{\text{цикла А}}$ и $T_{\text{отклика В}}$ производится на разных объектах несинхронизированными часами, следовательно, возникнет ошибка вследствие вычисления разности между величинами, измеренными с разной точностью.

Метод SDS-TWR позволяет устранить эту ошибку. Для этого измерение расстояний производят обе стороны, после чего рассчитывается усредненное значение.

$$T_{PC} = (T_{\text{цикла А}} - T_{\text{отклика А}}) \cdot (T_{\text{цикла В}} - T_{\text{отклика В}}) / 4$$

В результате в каждой из скобок разность берется между величинами, измеренными одинаковыми часами, однако данная формула справедлива, если $T_{\text{отклика А}} = T_{\text{отклика В}}$. Для повышения достоверности результата, измерения повторяются несколько раз как платой А, так и платой В и результаты усредняются.

Для измерения относительных расстояний с высокой точностью используется ультраширокополосная технология (UWB). Она предназначена для решения задач, требующих определения координат с разрешением до 10 см на небольших расстояниях от 0 до 20 м. Передача сообщений в UWB осуществляется сверхкороткими импульсами с очень малой плотностью мощности – менее 41дБм/МГц, что даже может быть ниже уровня помех. Однако при этом каждый символ UWB сообщения передается пачкой импульсов, и энергия этих импульсов может суммироваться когерентным приемником. В результате суммарная мощность импульса, выделенного приемником оказывается много выше уровня помех. Приемопередатчики диапазона UWB используют частоты 3,5-6,5 ГГц и имеют самую маленькую погрешность - 10 см. Такие широкополосные сигналы могут создать помехи сразу целому ряду приемо-передающих систем, поэтому для диапазона UWB разрешены очень малые мощности передачи – до 50 мВт [4].

Таким образом, для измерения расстояний между корпусом судна и причалом в процессе швартовки судов наиболее приемлемо совместное использование технологии SDS-TWR и ультраширокополосной технологии (UWB). Это дает возможность получить хорошую точность измерения и использовать безопасные для людей мощности излучения передатчика при передаче информации.

Список литературы:

- [1]. Системы информационного обеспечения швартовных операций Dockingassistingsystems © С. А. Подпорин, 2013. – презентация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sbs-on-web.com/downloads/TSS/presentation/16_Docking%20systems_2013.pdf, свободный. – Загл. с экрана. (21.06.2018)
- [2]. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Управление судном с колесным движительно-рулевым комплексом при выполнении швартовых операций. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2017. - №4 – С. 21-30. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik.astu.org/>, свободный. – Загл. с экрана. (21.06.2018)
- [3]. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Автоматизация процесса швартовки судна с колесным движительно-рулевым комплексом с использованием спутниковой навигационной системы. Труды 19 Международного научно-промышленного форума "Великие реки-2017". Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек. - Интернет журнал широкой научной тематики. Выпуск 6, 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://вф-река-море.рф/2017/v2017_sek05.htm, свободный. – Загл. с экрана. (21.06.2018)
- [4]. Swarm ProductFamily. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://nanotron.com/EN/pr_protect-php, свободный. – Загл. с экрана. (21.06.2018)

MEASUREMENT OF DISTANCE TO THE PIER WITH THE HELP OF TECHNOLOGY OF LOCAL POSITIONING

S.V. Llebedeva, V.I. Merzlyakov

Keywords: measurement of distances, radio-frequency technology measuring the distance, ultra-wideband radio frequency technology.

The report analyzes the known methods of measuring distances between two objects for use in automatic mooring of ships.