

БЮДЖЕТНАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ, АДАПТИРОВАННАЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

Р.А. Нурмухаметов, В.В. Павличев
Ю.А. Чурсин
Томский политехнический университет
nurruslan@yandex.ru

Цель выполнения НИР

Разработать бюджетную инерциальную систему навигации адаптированную для использования в подводной робототехнике с себестоимостью компонентов не более 2000 рублей с погрешностью позиционирования не больше 10 метров за 60 секунд и точностью определения ориентации не ниже 0.2° .

Разрабатываемая бюджетная инерциальная система навигации будет использована для определения ориентации и кинематических характеристик подвижных устройств, в частности разработка будет адаптирована для использования в необитаемых подводных аппаратах для решения задач локальной навигации, а так же при групповом управлении автономными необитаемыми подводными аппаратами.

Научная новизна предлагаемых в проекте решений

Инновационность разработки заключается в применении современных бюджетных датчиков, изготовленных по MEMS технологии, которые при низкой цене имеют относительно высокие точностные и шумовые характеристики. Большое внимание уделяется алгоритмам стартовой калибровки датчиков. От ее точности в значительной степени зависит точность определения целевых характеристик. В частности, отсутствие приемлемого качества калибровки в дешевых аналогах является причиной накопления значительной ошибки при интегрировании угловых скоростей с гироскопа и делает их непригодными для реальных задач навигации. Так же применяются новые AHRS алгоритмы математической обработки данных для подавления шумов акселерометра и борьбой с «уплыванием» показаний гироскопа, что являлось препятствием создания таких систем в прошлом [1].

Обоснование необходимости проведения НИР

Необходимость такой разработки вызвана наличием широкого ряда навигационных задач, для решения которых не может быть использованы спутниковые системы, например, подводные аппараты [3].

В ходе разработки ИСН встает ряд задач, для решения которых необходимо проведение НИР:

1) Калибровка MEMS-датчиков. Для решения этой задачи необходимо провести комплексное исследование влияния различных факторов на показания датчиков, например, магнитные искажения,

температура, дрейф нуля, вызванный конструктивными особенностями датчиков. Необходимо выявить вес каждого фактора и их взаимосвязь.

2) Разработка/усовершенствования AHRS алгоритма математической обработки данных [2], получаемых с датчиков и расчета из них параметров ориентации в пространстве кинематических характеристик объекта. Оптимизация алгоритма позволит уменьшить процессорное время, а значит использовать в системе низкопроизводительные микроконтроллеры и повысить точность определения целевых характеристик.

Основные технические параметры

Принцип работы ИСН заключается в измерении параметров с ряда датчиков – проекции вектора угловой скорости на оси ортогональной системы координат OXYZ с гироскопа (G_x , G_y , G_z), проекции вектора гравитации на оси ортогональной системы координат OXYZ с акселерометра (A_x , A_y , A_z) и проекции вектора напряженности магнитного поля Земли на оси ортогональной системы координат OXYZ с магнитометра (M_x , M_y , M_z). Используя специальные алгоритмы, эти параметры совмещаются, что позволяет получить характеристики, определяющие положение тела в пространстве – кватернионы и углы Эйлера-Крылова (крен, тангаж, рыскание) и кинематические характеристики – линейное ускорение, линейная скорость, и координата. Разрабатываемая бюджетная ИСН позволит определять углы Эйлера-Крылова с точностью до 0.2° и координату устройства с точностью до 10 метров за 60 секунд. Использование современных микроэлектронных компонентов позволит добиться такой точности при относительно невысокой стоимости конечного продукта. Существующие аналоги имеют, как правило значительно более высокую стоимость или неприемлемую для задач навигации точность определения координат.

Конструктивные требования

Разрабатываемая бюджетная инерциальная система навигации будет иметь две главные составляющие: микропроцессорное устройство со всеми необходимыми датчиками и программное обеспечение.

Первая составляющая должна иметь в своем составе микроконтроллер с микропроцессором и периферийным оборудованием для коммуникации с датчиками, исполнительными механизмами и устройствами для передачи информации в ПО на

ЭВМ. Набор датчиков должен содержать трехосевой акселерометр, трехосевой магнитометр, трехосевой гироскоп. Все датчики выполнены по MEMS-технологии. Датчики должны поддерживать обмен данными с микроконтроллером по одному из интерфейсов IIC(I2C)/SPI. Все устройство должно быть помещено в герметичный корпус. В корпусе должны присутствовать разъемы для подключения к исполнительным механизмам (не менее 8 разъемов) и гидроакустическим модемам (не менее 2 разъемов), по которым будет осуществляться связь с ведущим кораблем. Размер корпуса не превышает 75x200x150, вес не превышает 1 кг. Питание устройства осуществляется с помощью блока питания 5 В, 0.5 А. Вторая составляющая – программное обеспечение имеет возможность двухсторонней коммуникации с микропроцессорным устройством по протоколу Modbus. Так же программное обеспечение имеет следующие основные функции:

1) Устанавливать параметры датчиков, такие как чувствительность, частота генерирования данных и т.д.

2) Получать и отображать данные (по запросу или в постоянном режиме) о текущей ориентации устройства в пространстве, т. е. кватернионы, углы Эйлера-Крылова (крен, тангаж, рыскание).

3) Получать и отображать кинематические характеристики устройства.

4) Строить по полученным данным трек (траекторию) в двумерной ортогональной системе координат OXY, визуализировать информацию в виде приборной панели.

5) Отображать ориентацию и положение устройства в трехмерной ортогональной системе координат OXYZ.

6) Управление исполнительными механизмами (движителями) и отображение информации об их работе.

Имеющиеся аналоги:

На рынке сегодня большое количество аналогов, имеющих схожий функционал с большим разбросом цен и точностных характеристик. Самые близкие аналоги – это устройства фирмы x-IMU [4]. Сравнение по существенным параметрам приведено ниже.

1. Цена: X-IMU – 24000 рублей, разрабатываемая ИСН – 2000 рублей

2. Датчики: X-IMU – акселерометр до ± 8 g, гироскоп ± 2000 °/s, магнитометр до ± 8.1 G, разрабатываемая ИСН - акселерометр до ± 16 g, гироскоп ± 2000 °/s, магнитометр до ± 8.1 G.

3. Фабричная калибровка: X-IMU – есть, разрабатываемая ИСН – есть.

4. Температурная компенсация: X-IMU – только для гироскопа, разрабатываемая ИСН – для всех датчиков.

5. Частота дискретизации X-IMU – до 512 Гц, разрабатываемая ИСН – до 1 кГц.

6. Протоколы коммуникации: X-IMU – USART, Bluetooth, разрабатываемая ИСН – USART.

7. Точность определения крена, тангажа, рыскания: X-IMU 0.3°, разрабатываемая ИСН 0.2°

8. Точность определения кинематических характеристик, координаты: X-IMU – 100 метров за 100 секунд, разрабатываемая ИСН 10 метров за 60 секунд.

Косвенные аналоги, имеющие на порядок более высокую точность, соответственно имеют на порядок более высокую цену, что не удовлетворяет идее разработки. С другой стороны, "аналоги-поделки", разработанные на Arduino-подобной аппаратной платформе, имеют настолько низкую точность, что подходят только для учебных задач в масштабе письменного стола и не подходят для определения положения объекта при перемещении на расстоянии от 10 метров.

Список использованных источников

1. Риглей В., Вудбери Р., Говорка Дж. Инерциальная навигация. Под ред. проф. Фридендера Г.О. — М.: Издательство иностранной литературы, 1958. — 89 с.
2. Фильтр Маджвика. Перевод. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/post/255661/> (дата обращения 12.11.2018).
3. GPS под водой! Статьи о применении системы GPS. [Электронный ресурс] URL: <http://www.gps-info.com.ua/17288/> (дата обращения 12.11.2018).
4. X-IMU. Our original versatile imu board. [Электронный ресурс] URL: <http://x-io.co.uk/x-imu/> (дата обращения 12.11.2018).