

достигнуты следующие цели: рассмотрена внутренняя структура, исследован принцип работы гироскопа L3G4200D и представлен выходной сигнал в виде математического выражения. Построена экспериментальная установка и проведена обработка выходных сигналов гироскопа при его поворотах вокруг трёх осей OX, OY, OZ (рисунки 5, 6, 7).

Список литературы:

1. Гироскоп [Электронный ресурс] - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/гироскоп>, режим доступа - свободный.
2. Everything about STMicroelectronics' 3-axis digital MEMS gyroscopes/ STMicroelectronics group of companies, © 2011 STMicroelectronics. 40 p.
3. An Optimal Calibration Method for a MEMS Inertial Measurement Unit/ Bin Fang, Wusheng Chou and Li Ding, Received 14 Aug 2012; Accepted 10 Dec 2013. 14 c.
4. Обработка данных MEMS-акселерометра [Электронный ресурс] - URL: [http://catethysis.ru/mems\\_accelerometer\\_calibrating/](http://catethysis.ru/mems_accelerometer_calibrating/), режим доступа - свободный.

### **Мобильные роботы**

Мамытов Н.Г.

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры ТПС  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: ngm2@tpu.ru

На сегодняшний день тема создания и моделирования роботов является актуальной, т.к. с каждым днём растёт процент автоматизированных комплексов на заводах и предприятиях. Роботы все чаще выполняют разнообразные монотонные работы, тем самым снижая риск человеческого фактора на производстве. Но скоро к мобильным роботам будут предъявляться новое требование - универсальность, т.е. робот должен будет не только выполнять определенный небольшой набор заданий, но перемещаться по заводу, адекватно реагировать на изменения в окружающей среде.

Повышение качества продукции одновременно с уменьшением серийности и частым изменением выпускаемых моделей изделий является трендом современного рынка. Выполнение этих условий невозможно без развития автоматизации технологических производственных процессов. В ряде ключевых технологий, например, в сварке, лазерной обработке, термической резке, окраске, дальнейшее развитие возможно только с применением технологических роботов. Это в свою очередь увеличивает конкурентоспособность выпускаемой продукции в мире.

Робототехника широко используется в разных отраслях, например, автопилоты. Их внедряют в автомобильную отрасль. Робот со временем заменит водителя и будет исполнять роль «извозчика». Для того чтобы робот мог исполнять эту задачу, мы должны решить проблему навигации мобильных роботов. Чтобы они могли адекватно реагировать на внешние факторы, без вмешательства человека.

Появлением таких умных роботов окажет огромное влияние на социально – экономическую обстановку. Физический труд человека будет менее востребован, человек начнет делать то, что ему нравится, т.е. творчество будет основным доходом будущей системы.

### **Обзор систем навигации мобильных роботов**

В настоящее время наиболее распространены следующие 4 подхода к оценке перемещения: использование энкодеров; использование инерциальных измерительных приборов; визуальная одометрия; отслеживание перемещения с помощью GPS или ГЛОНАСС;

Однако каждый из этих подходов обладает существенными недостатками и ограничениями что, зачастую, приводит к невозможности его использования в определенных условиях.

### **Использование энкодера**

Стандартной схемой реализации одометрии является использование энкодеров (датчиков угла поворота) – устройств, предназначенных для преобразования угла поворота вращающегося объекта в электрические сигналы.

Несомненно, этот подход привлекателен своей простотой в реализации, низкими требованиями к вычислительным средствам и дешевизной, однако он обладает рядом существенных недостатков:

- невозможность учитывать проскальзывания колес;
- низкая точность, вызванная погрешностями измерения колес и низкой разрешающей способностью энкодеров, которые со временем имеет свойство накапливаться;
- требует высокой частоты обработки, чтобы отслеживать даже минимальные различия в «пробеге» колес;
- невозможность реализации данного метода для летательных, плавающих, шагающих аппаратов.

Все эти недостатки вынуждают вводить для таких подвижных систем «опорные точки», которые позволяли бы искоренять появляющиеся погрешности. Естественно такой подход не осуществим в незнакомой обстановке, а подходит лишь для позиционирования в изведанной территории.

### **Использование инерциальных измерительных приборов**

Для решения задачи оценки перемещения объекта возможно использовать инерциальные измерительные приборы (IMU), которые включают в себя акселерометр и гироскоп.

Как было сказано выше, инерциальные измерительные приборы включают в себя как минимум гироскоп и акселерометр. Первый способен показывать изменение углов ориентации тела относительно инерциальной системы отсчета, а второй измеряет ускорение тела по всем трем осям. Таким образом, используя гироскоп, можно определить поворот объекта относительно его оси Z (вертикали), а интегрируя показания акселерометров, можно получить пройденную дистанцию. Рассмотрим эти процессы.

Используя три гироскопа, можно получить все 3 угла поворота объекта, более известных в авиастроении как крен, тангаж и рысканья. Наиболее интересен для роботов угол поворота вокруг вертикальной оси объекта. При этом возникают некоторые трудности.

Во-первых, на подвижных роботах нецелесообразно устанавливать механические гироскопы в силу их большого размера. В связи с этим используются миниатюрные гироскопы, выполненные в виде микроэлектромеханических систем на кремниевых подложках. Эти датчики используют другие принципы для определения вращения (в частности возникновение силы Кориолиса) и показывают не угол поворота, а угловую скорость. Возникает необходимость производить интегрирование или, в дискретном случае (как правило, сигнал получается именно в дискретной форме) простое суммирование. Отсюда получается, что оценка поворота вокруг оси будет приближенной и зависит от частоты дискретизации сигнала.

Во-вторых, гироскопы имеют дрейф нуля – показывают изменение угла даже в статичном положении. Величина дрейфа очень сильно зависит от реализации гироскопа.

В-третьих, интегрирование и обработка поступающих данных датчика с частотой, необходимой для приемлемой точности, создает достаточно высокую вычислительную нагрузку, для которой, в ряде случаев, следует выделять отдельный микроконтроллер.

Исследования показывают, что наиболее точных результатов можно добиться, применяя акселерометр, гироскоп и магнитометр и компенсируя ошибки одного датчика показаниями другого, однако такие системы довольно дороги и сложны. Подводя итог, можно сказать, что использование инерциальных измерительных приборов для оценки перемещения возможно, однако чем большую точность необходимо достичь, тем дороже приборы.

### **Визуальная одометрия**

Визуальная одометрия — это процесс получения одометрической информации, используя последовательность изображений с камер робота. Из неё получается информация о пройденном расстоянии и направлении движения. Визуальная одометрия позволяет построить систему навигации роботов любого типа передвижения и на любой поверхности. Данный подход применяется в разных сферах: от марсоходов (например, Curiosity) и на оптических мышках. Неоспоримым преимуществом данного подхода является его универсальность. К минусам следует отнести следующее:

- плохая работа алгоритма на однотипных изображениях;
- необходимость высокой скорости захвата изображений (в настоящее время существуют системы с частотой получения кадров с частотой в десятки кГц);
- высокая вычислительная нагрузка;
- высокая стоимость камер.

### **Отслеживание перемещения с помощью GPS или ГЛОНАСС**

GPS – спутниковая система навигации позволяет в любом месте Земли определить местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС - советская и российская спутниковая система навигации разработана по заказу Министерства обороны СССР.

Очевидным преимуществом данного подхода является то, что он непосредственно показывает текущее положение в пространстве, что устраняет необходимость производить какие-либо вычисления для этого. Однако отсюда следует и первый небольшой минус – невозможно определить ориентацию объекта, если он не движется. Наиболее существенным недостатком технологии является невозможность определения положения в закрытых помещениях из-за плохого качества сигнала. При длительном отсутствии сигнала требуется больше времени для определения позиции. Так, если устройство было неактивно 3 часа, то после его запуска потребуются около 40 секунд для определения координат местоположения (существуют технологии, направленные на снижение времени «холодного старта», однако их использование подразумевает удорожание и усложнение системы в целом). Как было сказано выше, точность определения положения зависит от количества доступных спутников. Данный факт приводит к двум следующим недостаткам: неприемлемое качество работы в приполярных районах Земного шара из-за наклона орбит спутников; низкая точность определения местоположения – самые последние спутники могут определить местоположение с точностью до 60 см.

### **Заключение**

В данной работе были рассмотрены основные методы оценки положения роботов в пространстве, для каждого метода были показаны преимущества и недостатки. Показаны самые существенные ограничения всех методов, что позволяет быстро сориентироваться среди них и выбрать наиболее подходящий для каких-либо нужд. Так же были рассмотрены варианты совмещения данных методов на различных типах роботов с целью увеличения точности оценки их позиционирования.

### Как я представляю будущее робототехники

По моему мнению, в недалеком будущем наш мир чем-то будет похож на вселенную писателя-фантаста Айзека Азимова. Где жизнь людей тесно сплетется с роботами. Человек и робот будут дополнять друг друга! Мы становимся свидетелями начала этой эпохи, синтеза людей и роботов. Примером широкого применения робототехники в медицине может служить искусственное сердце, ведутся разработки и испытания протезов рук и ног, не уступающим ловкости настоящим конечностям. Уже имеются прототипы органов чувств человека. В скором времени нас ждут новые открытия в этой области.

Роботы уже внедряют в автомобильную отрасль, где они со временем могут заменить водителя. Для того чтобы робот мог исполнять рассмотренные задачи, необходимо решить проблему навигации мобильных роботов, чтобы они могли адекватно реагировать на внешние факторы без вмешательства человека.

#### Список литературы:

1. Гейтс, Б. Механическое будущее [Текст] / Б. Гейтс // Журн. «В мире науки». - 2007. - №7. - С. 37-43.
2. Бобровский, С.Н. Навигация мобильных роботов / С.Н. Гончаров// Журн. PC Week. - 2004. - №9. - С. 60-63.
3. Управление роботами. Состояние и перспективы: материалы XX общ. собрания академии навигации и управления движением, 26 октября 2005 г. С.-Петербург / редкол : П.К.Плотников (отв. ред.). - С.-Петербург: Электроприбор, 2008. - 20 с.
4. Палагин В.А. Техническое задание на перспективную разработку мобильного робота для использования в чрезвычайных ситуациях / Разработка СКБ «Робототехника и мехаторника» ХНУРЕ - Харьков, 2008. - 18 с.
5. Инструментарии роботостроения [Электронный ресурс] / Колорадо, М. Тим Джонс. - Режим доступа: [www.URL:http://developerworks/ru/library/lrobotools/#author.html/](http://www.URL:http://developerworks/ru/library/lrobotools/#author.html/) - 05.09.2008 г.
6. Баранов, Д.Н. Разработка интеллектуальной системы управления мобильными роботами на основе следящей системы технического зрения и нечеткой логики: автореф. дис. кандидата техн. наук: 12.06.08 / Д.Н. Баранов; [Ун-т «СТАНКИН»]. - М., 2008. - 222с.
7. Навигация зрячего робота [Электронный ресурс] - URL: [http://cofelis.ru/?page\\_id=46&page=3.html/](http://cofelis.ru/?page_id=46&page=3.html/) - режим доступа – свободный, 17.09.2008 г.
8. Навигация мобильных роботов [Электронный ресурс] / Лондон, Имперский Колледж - URL: [http://computer-vision.ucoz.ru/MobRoboNavigati/mobile\\_robot\\_navigation.html/](http://computer-vision.ucoz.ru/MobRoboNavigati/mobile_robot_navigation.html/) - режим доступа – свободный, 10.06.1997 г.
9. Мартыненко, Ю. Г. Управление движением мобильных колёсных роботов / Ю.Г. Мартыненко - МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. - 29-80с.
10. Однородные управляющие структуры адаптивных роботов: А.В. Каляев, Ю.В. Чернухин и др.; гл. ред. физ.-мат. лит. - М.: Наука, 1990. - 152 с.
11. Управление роботами от ЭВМ [Текст] : учеб. / Е. И. Юревич, С.И. Новаченко, В.А. Павлов и др.; под. ред. Е. И. Юревича - Л. : Энергия, 1980. - 264с.
12. Интеллектуальный мобильный робот [Электронный ресурс] / - Евстигнеев Д.В. - URL: <http://robot-rad.narod.ru/index.html/> - режим доступа – свободный, 15.02.2008г.