

# СИСТЕМА ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НИЗКОСКОРОСТНЫХ МИНИРОБОТОВ

Коников А. Д., Самаль Д. И.

Кафедра электронных вычислительных машин, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: skonikov@mail.com, samal@bsuir.by

*Автономные мобильные роботы применяются во многих областях жизнедеятельности человека. Для уменьшения габаритов и стоимости системы может применяться множество идентичных компактных самоорганизующихся роботов. В данной статье рассмотрена система перемещения компактного робота при помощи одного пьезоэлемента, обоснована необходимость применения обратной связи, рассмотрен способ определения взаимно расположения множества роботов на основе триангуляции радиосигнала, показаны преимущества прецизионного позиционирования роя и способы применения данного свойства.*

Сфера автономных мобильных роботов набирает высокую популярность и получает всё большее распространение. Согласно прогнозам наибольшее развитие она получит в течение ближайших 5-10 лет [1]. Одним из наиболее приоритетных направлений в данной области являются исследования коллективного интеллекта, иными словами роевого поведения. Подразумевается, что множество независимых относительно компактных роботов могут объединяться для решения одной большой и сложной задачи, непосильной для её полного выполнения одним роботом, но при координации действий нескольких – вполне. Такой задачей является, например, перемещение крупного и тяжёлого объекта. При подобном подходе и соответствующей координации становится принципиально возможной распараллеливание между роботами и иных – простейших задач, с соответствующим уменьшением времени на каждую из них.

Наиболее подходящими для реализации компактных роботов являются электрические, в том числе и вибрационные двигатели, т.к. они обладают очень высоким отношением мощность/вес, имеют компактные размеры, обладают низким тепловыделением, уровнем шума, а также высоким КПД по сравнению с двигателями внутреннего сгорания, что позволяет существенно увеличить время автономной работы робота. В рамках проводимой исследовательской работы применяется вибрационный двигатель основанный на применении пьезоэлемента, разработанный и запатентованный профессором В.Т. Минченей [2].

Платформа, служащая основанием для робота, представляет собой равнобедренный треугольник с загнутыми краями, изготовленный из нержавеющей стали, к которому приклеен пьезоэлемент (см. рис.1). Подача переменного напряжения с определённой частотой, определяемой эмпирически, на пьезоэлемент, вызывают его колебания. Так как пьезоэлемент жёстко соединён

с платформой при помощи цианокрилата, то все колебания пьезоэлемента передаются на стальное основание.

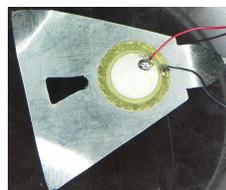


Рис. 1 – Платформа с пьезоэлементом

Волны механических колебаний распространяются по металлу и вызывают пружинящие колебания (изгибания) очень малой амплитуды ножек платформы. При попадании в частоту резонанса, из-за различных расстояний от пьезоэлемента до концов ножек платформы в определённый момент вектор суперпозиции сил оказывается ненулевым и направленным в определённую сторону, что вызывает движение платформы. Сужающиеся углы треугольника вызывают существенный рост амплитуды волн колебаний на концах ножек основания, что обеспечивает ещё большее смещение платформы. Отверстие в платформе расположено в точке наибольших механических напряжений и вызывает переотражение и усиление колебаний.

При движении платформы, из-за шероховатости поверхности, по которой она движется, возникают неконтролируемые отклонения движения робота от намеченного курса. С целью устранения отклонений в движении необходимо вводить корректировки, рассчитываемые на основании системы обратной связи, построенной на базе оптического сенсора компьютерной мыши.

В идеале, пьезоэлемент должен быть приклеен ровно посередине платформы и над отверстием, однако из-за необходимости подключения оптического сенсора компьютерной мыши пьезоэлемент пришлось сместить, а отверстие расширить, чтобы оптический сенсор мог реагировать на поверхность, по которой движется робот. При-

чиной таких изменений стало то, что центр тяжести использованной мыши находится приблизительно в области оптического сенсора и требовалось, чтобы центр тяжести находился над платформой, а не за её пределами для обеспечения устойчивости платформы и равномерной нагрузки на её ножки. Равномерность распределения нагрузки является одним из необходимых условий для приведения данной системы в легко контролируемое движение.

Основные достоинства данной платформы - простота и дешевизна конструкции, позволяющая создать множество экземпляров для изучения роевого поведения роботов.

Главными недостатками являются сложность при изготовлении стальной платформы, т.к. требуется точно соблюсти пропорции, а также необходимость подбора частот необходимых для приведения платформы в движение.

Первый недостаток может быть устранён путём изготовления вырубного и формовочного штампов, что кроме повышения точности изготовления позволит ускорить и удешевить процесс производства больших партий.

Второй недостаток устраняется алгоритмически. Так как у пьезоробота имеются органы обратной связи о перемещении, например основанные на оптическом сенсоре, который применяется в компьютерной мыши, то перебирая все частоты генератора автоматически в определённом диапазоне и при этом регистрируя перемещения платформы можно получить сведения о том, какие частоты отвечают за движение в определённом направлении. Форма сигнала на выходе генератора представлена на рис. 2 и соответствует частоте 15 кГц.



Рис. 2 – Сигнал поступающий на пьезоэлемент

Применение оптического сенсора мыши в системе обратной связи позволяет не только снизить стоимость системы в целом, но также и добиться очень высокой точности позиционирования. При использовании недорогого оптического сенсора с разрешением в 600 dPi (dots per inch) точность позиционирования достигает 0,042мм, а при использовании более прогрессивного сенсора с разрешением в 1600 dPi точность позиционирования достигает 0,015875мм.

При реализации алгоритмов роевого поведения на множестве роботов возникает необходимость координации их взаимодействия между собой. При взаимодействии кроме обмена данными требуется определять так же и взаимное расположение. Существует несколько возможных реализаций данной системы, например на основе технологии Bluetooth или Wi-Fi. Роботы подключаются в Mesh сеть, благодаря этому появляется

возможность обмениваться данными. Обе технологии позволяют определять уровень сигнала передатчика. Таким образом, появляется возможность определить расстояние до соседнего робота. Зная расстояние между множеством роботов можно вычислить их взаимное расположение путём использования триангуляции радиосигнала, по принципу, схожему с принципом работы системы GPS, однако в данном случае расстояние до другого робота (спутника) определяется не на основании разницы во времени, а на основании затухания радиосигнала. Минимальным необходимым количеством роботов в данном случае является 3, т.к. только таким образом можно определить положение робота в пространстве путём пересечения 3 окружностей, радиус которых пропорционален затуханию сигнала передатчика (см. рис.3).

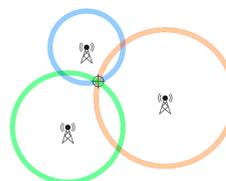


Рис. 3 – Триангуляция радиосигнала

Одной из перспектив развития данного проекта является использование роботов на основе пьезоэлементов в дефектоскопии: после того, как робот приведён в движение и продолжает двигаться по инерции, при помощи пьезоэлемента можно регистрировать затухающие колебания и анализируя их, можно судить о наличии микродефектов на поверхности, по которой двигался робот. Компактные размеры робота позволят анализировать поверхности в труднодоступных местах, например внутреннюю поверхность труб.

Конечной целью данного исследования является построение робототехнической платформы для исследования роевого поведения. Точное позиционирование и определение взаимоположения роботов между собой позволяет реализовать так называемое чувство «боковой линии», которое наблюдается у рыб. Таким образом появляется возможность абсолютно синхронного перемещения роботов, что является зрелищным процессом, например и может использоваться для популяризации науки среди молодёжи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gartner Hype Cycle [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>
2. Цифровые системы управления технологическим оборудованием : уч. пособие / В. Т. Минченя [и др.]. – Минск : Энциклопедикс, 2016. – 108 с. : ил., табл.
3. Схемотехника цифровых преобразователей перемещений: Справочное пособие/ В.Г. Домрачев, В.Р. Матвеевский, Ю.С. Смирнов. – М.: Энергоатомиздат, 1992. - 392с.: ил.