



### Литература

1. Летов А.М. Математическая теория процессов управления. М.: Наука, 1981. 256 с.
2. Горелов Ю.Н. К задаче оптимального распределения ресурса в системе независимых объектов управления. I // Известия СамНЦ РАН, 2017, т.19, № 6. С.156-167.
3. Горелов Ю.Н. К задаче оптимального распределения ресурса в системе независимых объектов управления. II // Известия СамНЦ РАН, 2017, т.19, № 6. С.168-178.
4. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов. М.: Наука, 1974. 600 с.
5. Задача оптимального распределения ресурсов по множеству независимых операций / А.В. Арутюнов, В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д.Ю. Карамзин // Автоматика и телемеханика, 2002, № 5. С. 108-119.
6. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. М.: Наука, 1976. 392 с.
7. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. М.: Наука, 1975. 528 с.

В.В. Графкин, С.В. Чеботарева

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ

(Самарский университет)

Современный смартфон уже несколько лет назад перестал быть простым средством связи и обмена информацией. Сегодня он выполняет множество различных функций, не связанных с обеспечением мобильной связи. Это связано с активным развитием микроэлектромеханических систем (МЭМС), к которым относят акселерометр, гироскоп, датчик угловой скорости и многие другие. Основной функцией перечисленных датчиков является возможность определения ориентации в гравитационном поле Земли [1]. Проблема определения пространственного положения объектов является значимой для различных областей науки, в связи с чем разработка новых методов ее решения, является актуальной задачей.

Одним из способов решения поставленной задачи является - метод локализации (Lateration), основанный на распространение сигнала. Он основан на вычисление расстояний между искомой точкой и как минимум тремя точками доступа с дальнейшим решением системы из  $N$  нелинейных уравнений [2]. При  $N=3$  данный метод также известен как трилатерация. Для нахождения расстояний используется модель распространения радиоволн, требующая калибровки некоторых параметров, зависящих от особенностей среды [3].

Основной идеей является расчет расстояний между точками доступа и мобильным устройством для обеспечения зоны локализации [4]. Расстояния



могут быть, вычислены по уровню принимаемого сигнала (RSS), времени поступления радиосигналов от передатчиков (TOA), разнице во времени поступления нескольких радиосигналов (TDOA), времени прохождения сигнала от передатчика к приемнику (RTOF) и фазы принимаемого сигнала [4].

Другим методом является метод триангуляции. Вычисление местоположения телефона с помощью метода триангуляции осуществляется путем оценки нахождения позиции на плоскости, когда известны три и более визуальных ориентира. Мобильный телефон, выступая в качестве приемника, выполняет анализ сигналов, поступаемых от базовых станций. Вокруг каждой из них строится окружность с радиусом равным предположительному расстоянию до объекта. После чего необходимо построить системы уравнений, позволяющие найти точки пересечения всех окружностей. Центр данной области будет предположительным местом нахождения объекта [5].

Активное развитие МЭМС - датчиков приводит к расширению рынка потребительской экономики - от разумных смартфонов до видеокамер, акустических систем и микрофонов [6]. Планируется, что в ближайшее время они найдут применение в самых невероятных приложениях и проложат путь к формированию обширной сети, получившей название «Интернет вещей» и включающей в себя соединенные между собой приборы, позволяющие контролировать и управлять практически всеми человеческими действиями.

Для решения поставленной задачи широко применяются датчики, фиксирующие положение объекта в пространстве относительно трех плоскостей – гироскоп и акселерометр [7].

Акселерометр (G-Sensor) распространенный датчик смартфона или планшета [8]. Акселерометр позволяет измерить ускорение одновременно в нескольких плоскостях (вдоль осей X, Y, Z).

Еще одним необходимым датчиком для определения пространственного положения объектов является гироскоп. Гироскоп – датчик, измеряющий угол отклонения тела от первоначальных координат, относительно инерциальной системы отсчета [10].

Гиродатчик – это датчик, отслеживающий изменения отклонения положения объекта, с целью прослеживания его перемещения. Программное обеспечение, использующиеся совместно с датчиками, способно отображать изменения координат объекта [9].

Гироскоп позволяет определить угол наклона по трем осям. В случае если ось «x» объекта расположена в плоскости действия силы тяжести (рисунок 1), величину проекции силы тяжести можно вычислить по формуле  $A_x = g \times \sin(\alpha)$ .

Показания акселерометра позволяют определить точные углы ориентации, в том случае если единственной силой, действующей на датчик, является гравитация. При перемещении смартфона, силы, приложенные к нему, способствуют изменению колебаний. Поскольку значения, получаемые с помощью акселерометра и гироскопа, подвержены действию шумов, необходимо произвести очистку сигнала датчиков, используя фильтр нижних частот. Характеристикой названного фильтра является способность фильтровать сигналы выше



указанной частоты, пропуская сигналы низкой частоты, что позволяет избавиться от шумовых помех сигнала, показаний акселерометра [10].

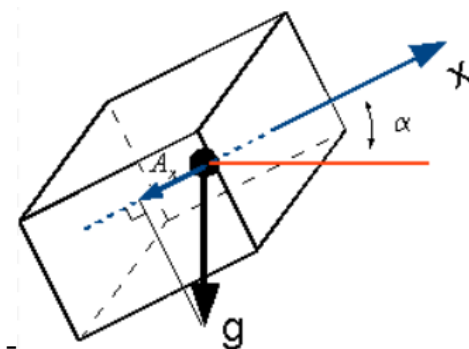


Рис. 1. Модель трехосевого акселерометра

Угол наклона мобильного устройства вычисляется согласно формуле:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{A_x}{g}\right).$$

Вычисление ориентации выполняется после определения начального положения датчика с известными значениями, полученными от акселерометра, после чего вычисляется угловая скорость вокруг осей X, Y, Z за интервал времени  $\Delta t$  по следующей формуле:

$$\omega = \Delta\varphi/\Delta t,$$

где  $\omega$  - угловая скорость (рад/с);

$\Delta\varphi$  - угол поворота, разница между угловым положением точки в первый и последний момент времени измерения;

$\Delta t$  - время, за которое произошло смещение (с).

Значение нового угла ориентации вычисляют согласно формуле

$$\alpha_k = \alpha_{k-1} + \Delta\alpha.$$

Путем интегрирования ускорения, определяемого акселерометром, вычисляют скорость движения мобильного устройства. Повторное интегрирование позволяет вычислить перемещение. Но многократное интегрирование с течением времени приводит к накоплению ошибок. Решить данную проблему возможно благодаря совместному использованию акселерометра и гироскопа, а также используя метод комплементарного фильтра.

Работа комплементарного фильтра описывается формулой [11]

$$\alpha = (1-k) \times \text{gir} + k \times \text{асс},$$

где  $\alpha$  - отфильтрованный результирующий угол наклона;

$\text{gir}$  - значение угла наклона гироскопа;

$\text{асс}$  - значение угла наклона акселерометра.

$k$  - коэффициент комплексирования комплементарного фильтра.

Отфильтрованная величина наклона представляет собой сумму интегрированного значения показаний гироскопа и акселерометра. Данная математическая модель на каждом шаге интегрирования изменяет угол наклона с помощью показаний акселерометра [11]. Кроме этого, вычислив угловую скорость теле-



фона по трем осям, путем интегрирования данной величины, возможно, получить значение углов поворота по трем осям:

- угол крена - угол вращения относительно оси x;
- угол тангажа - угол вращения относительно оси у;
- угол курса - угол вращения относительно оси z.

Угол крена и угол тангажа позволяют определить положение смартфона в пространстве. Угол рысканья показывает направление движения. В совокупности все три угла позволяют найти перемещение смартфона. [7]

Определение местоположения объекта в пространстве является актуальной и, достаточно, сложной проблемой. Выполненный обзор методов решения этой задачи показал, что каждый из методов не позволяет достичь поставленной цели. В дальнейшей работе принято решение использовать акселерометр и гироскоп для вычисления пройденного расстояния. Выбранный метод вычисления перемещения объекта в пространстве обеспечивает более высокую точность и надежность в сравнении с другими методами [7].

### Литература

1. Концепция по развитию производства МЭМС-изделий в России на период до 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: [http://novtex.ru/nmst/news/news\\_155/concept.pdf](http://novtex.ru/nmst/news/news_155/concept.pdf) Дата обращения: 16.03.2018.
2. WiFi-Based Indoor Positioning: Basic Techniques, Hybrid Algorithms and Open Software Platform / M. Cypriani, F. Lassabe, F. Canalda et al. // Research Report, Theme 4 — LIFC, 2011. — P. 10–22.
3. A Friis-Based Calibrated Model for WiFi Terminals Positioning / F. Lassabe, O. Baala, P. Canalda et al. // Proceedings of IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks — Jun. 2005. — P. 382–387.
4. H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, J. Liu, Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, Vol. 37, Nov. 2007.- PP. 1067 – 1080.
5. Поддувалкин А.С. Диссертация на соискание степени магистра. Определение местоположения мобильного устройства на основе LBS. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого Институт компьютерных наук и технологий Высшая школа программной инженерии. Санкт-Петербург 2017. - С.114.
6. МЭМС рынок. Стойкий продолжительный рост. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://www.electronics.ru/files/article\\_pdf/3/article\\_3330\\_911.pdf](http://www.electronics.ru/files/article_pdf/3/article_3330_911.pdf) Дата обращения: 26.02.2018.
7. Цайтлер А. С. Определение положения объекта в пространстве с помощью инерциальных измерительных устройств/А.С. Цайтлер, Е.М. Яковлева//Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7-11 ноября 2016 г.: в 2 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — [С. 333-334].



8. Современные мобильные технологии NOTEBOOK CENTER. Электронный журнал «Радио Лоцман». [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [https://www.notebook-center.ru/articles\\_89.html](https://www.notebook-center.ru/articles_89.html) Дата обращения: 21.03.2018.
9. Бутаков Н.А. Инерциальная навигация мобильных устройств (диссертация магистра). [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://www.linkstore.ru/articles/inertial\\_navigation.pdf](http://www.linkstore.ru/articles/inertial_navigation.pdf) Дата обращения: 21.03.2018.
10. Пестров Е.А. «Анализ и обработка данных акселерометра для задачи распознавания движения мобильным устройством». Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова. Москва. 2012. С.24. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.linkstore.ru/accelerometer.pdf> Дата обращения: 14.03.2018.
11. Дрыгин, М.Ю. Аппаратно-программный комплекс позиционирования в пространстве функциональных элементов горных машин/ М.Ю. Дрыгин, Н.П. Курьшкин, Я.Е. Мещеряков, О.В. Любимов//Вестник КузГТУ, 2014, №5. -С. 28-31.

Ш.Т. Дадабаев

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НАСОСА

(Худжандский политехнический институт таджикского технического университета имени академика М.Осими)

Оросительные насосные станции первого подъёма производят передачу больших объёмов воды на дальние расстояния и служат для орошения земель. Агрегаты оросительных насосных станций имеют большие мощности и обычно значительный запас напора. Подача воды в насосных агрегатах не регулируется, что приводит к значительным затратам и расходам. Сегодня энергосберегающие технологии внедряются во все отрасли народного хозяйства и насосные станции не исключения [1, 4].

В данной статье объектом исследования был принят оросительная насосная станция первого подъёма АНС-1 которая расположено в Аштском районе Республики Таджикистан. Данный объект служит для орошения земель сельского хозяйства данного района. Проектная производительность насосной станции АНС-1 составляет 1,77 млн.м<sup>3</sup> воды в сутки. В машинном зале АНС-1 установлено 4 электродвигателя серии ВДС2-325 с мощностью  $P_{ном}=8000$  кВт. Вертикальные центробежные насосы типа 1200В-6.3/100-А (52В-11), имеют следующие характеристики:  $Q=22600$  м<sup>3</sup>/час,  $H=88$  м., КПД 88%,  $n_{ном}=375$  об/мин., диаметр рабочих колес 2200 мм.