

Литература.

1. WorkXF руководство программиста, 2008г – 3-4с.
2. Супрунов С. PostgreSQL: первые шаги. – Журнал «Системный администратор», №7, 2004 г. – 26-27 с.
3. Уорсли Дж., Дрейк Дж. PostgreSQL. Для профессионалов. //СПб.: Питер, 2003.– 496 с:ил. – 210 с.

ФИЛЬТРАЦИЯ УСТОЙЧИВЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКОПОДОБНОГО РОБОТА

Шеломенцев Е.Е.

E-mail: see4me@mail.ru

Научный руководитель: Александрова Т.В., ассистент кафедры ИКСУ

Введение

Одним из недостатков метода управления антропоморфным роботом с помощью сенсора Kinect [1,2,3], является необходимость обеспечения стабильного вертикального положения в ходе работы алгоритма управления. Действительно, некоторые действия оператора, будь то резкое движение рукой или наклон, могут привести к дестабилизации робота и его повреждению. Немаловажным является устойчивость статических положений робота. В данной работе будет рассмотрен один из способов обеспечения стабильного вертикального положения робота в случае применения метода Kinect-управления.

Оценка стабильности положения

Существует несколько различных способов обеспечения стабильного вертикального положения робота, к которым относятся статическая стабилизация как с учетом внешних воздействий, так и без него. Наиболее распространенным методом решения задачи статической стабилизации является метод точки нулевого момента (ZMP – Zero Moment Point), позволяющий определить устойчиво ли положение робота или нет [4,5].

Суть метода заключается в вычислении точки ZMP, в которой суммы моментов по осям X и Y равны нулю (рис.1). Для оценки устойчивости положения робота необходимо определить принадлежит ли найденная точка области стопы, в случае нахождения робота в фазе с одиночной поддержкой, или на отрезке, соединяющего центры стоп, в случае двухопорной фазы. Ключевое значение имеет момент, создаваемый массой самого робота. Для того, чтобы вычислить этот момент необходимо определить точку приложения силы тяжести – координаты центра масс. Воспользуемся формулой:

$$\bar{r}_c = \frac{\sum_i m_i \bar{r}_i}{\sum_i m_i}, \quad (1)$$

где m_i – масса i-ой точки, $\bar{r}_i$ – радиус-вектор i-ой точки, $\bar{r}_c$ – радиус-вектор центра масс.

Без учета влияния внешних сил и сил инерции, точка нулевого момента является проекцией точки центра масс на опорную плоскость (рис.1). Действительно, в этом случае вектор силы тяжести пересекает оси X и Y, т.е. момент, создаваемый этой силой равен нулю. Таким образом, для оценки стабильности положения робота необходимо лишь определить лежит ли проекция точки центра масс в окрестности точки опоры.

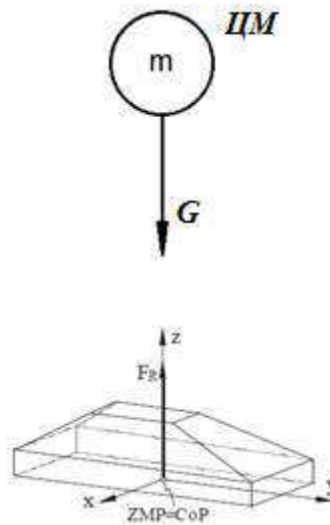


Рис.1. Расположение точки ZMP

В качестве количественной характеристики степени устойчивости двухопорной фазы в биомеханике [6,7] принимается угол устойчивости (угол, образованный вертикалью, опущенной из центра масс тела и прямой, проведенной из центра масс тела к краю площади опоры (рис. 2)). Чем больше угол устойчивости, тем больше степень устойчивости тела.

Создание фильтра положений

Наиболее простым решением стабилизации робота при Kinect-управлении является создание фильтра положений, позволяющего отбрасывать неустойчивые положения. С учетом того, что запуск работы алгоритма управления происходит из заранее заданного устойчивого положения, применение фильтра позволит роботу сохранять устойчивость при изменении положения.

Примем за основу фильтра метод ZMP. Для расчета необходимо знать координаты центра масс, для чего воспользуемся формулой (1). Будем считать, что габаритные размеры, масса звеньев и координаты их центров масс относительно точки крепления известны. Требуется рассчитать координаты центров масс звеньев в системе R, связанной с однозначно заданной точкой, например, серединой отрезка, соединяющего плечевые двигатели робота. Для этого необходимо создать функцию, которая будет рассчитывать координаты всех концов звеньев после обработки управляющих воздействий, сформированных на основе данных с сенсора Kinect. Используя преобразование Денавита-Хартенберга, для каждого звена запишем матрицу:

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \cdot \sin \theta_i & \sin \alpha_i \cdot \sin \theta_i & a_i \cdot \sin \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cdot \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cdot \cos \theta_i & a_i \cdot \cos \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & S_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

где θ_i - угол поворота вокруг оси Z, α_i - угол поворота вокруг оси X, a_i - переноса вдоль оси Y, S_i - перенос вдоль оси Y.

В 4-м столбце матрицы $A = A_1 \cdot \dots \cdot A_n$, где n – номер звена, получим выражения для координат конца звена. Зная относительные координаты центров масс звеньев, получим координаты в системе R. Далее рассчитаем положение общего центра масс робота и получим его проекцию на опорную плоскость.

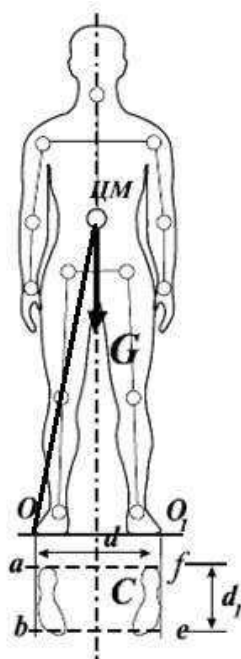


Рис.2. Устойчивость в двухопорной фазе

Будем считать, что робот находится в двухопорной фазе, положение является устойчивым, если координаты проекции будут удовлетворять требованиям:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \leq 0,$$

где $\bar{a}$ - вектор с началом в точке проекции и концом в точке опоры левой ноги, $\bar{b}$ - вектор с началом в точке проекции и концом в точке опоры правой ноги.

Скалярное произведение этих векторов в координатной форме:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} = (x_1 - x)(x_2 - x) + (y_1 - y)(y_2 - y) + (z_1 - z)(z_2 - z),$$

где x_1, y_1, z_1 - координаты опоры левой ноги, x_2, y_2, z_2 - координаты опоры правой ноги, x, y, z - координаты проекции центра масс.

Если условие устойчивости выполняется, роботу передается команда перехода в новое положение, иначе оператор уведомляется о том, что переход в данное положение небезопасен.

Таким образом, разработанный фильтр статически устойчивых положений позволяет обеспечить стабильное вертикальное положение антропоморфного робота.

Литература

1. Шеломенцев Е.Е., Дусеев В.Р. *Сравнительный анализ различных способов управления роботом антропного типа* // «Современные техника и технологии»: Труды XVIII Международной научно-практической конференция студентов и молодых учёных. – Томск, 2012.
2. Шеломенцев Е.Е. *Управление роботом антропного типа с помощью сенсора Kinect* // Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах: Труды 5-ой Российской мультikonференции по проблемам управления. – Санкт-Петербург, 2012.
3. Шеломенцев Е.Е. *Практическая реализация KINECT управления антропоморфом BIOLOID* // «Современные техника и технологии»: Труды XIX Международной научно-практической конференция студентов и молодых учёных. – Томск, 2013.
4. Vukobratovic M., Stepanenko Y., *On the Stability of Anthropomorphic Systems* // Mathematical Biosciences, Vol.15, pp. 1-37, 1972.
5. Ложкин П.В. *Метод точки нулевого момента для задачи динамического равновесия РТК AR-600. Движение на месте* // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Вып. 10, 2013.
6. Ламаш Б.Е. *Лекции по биомеханике* [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.dvgu.ru/meteo/book/BioMechan.htm, свободный.
7. Масленников А. *Биомеханика. Курс лекций*. - Великий Новгород, 2008. – 189 с.