

МЕТОД СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА

Протопопов А.А., Стерехова В.С., Шеломенцев Е.Е.
Томский политехнический университет
aap80@tpu.ru

Введение

В настоящее время антропоморфные роботы малых размеров, такие как NAO и DARwIn-OP [1], широко используются для образовательных и научных целей. Однако уровень системных ресурсов данных роботов ограничен их размерами и ценой, и производительность данных роботов недостаточна для оценки динамической устойчивости системы, необходимой для достижения сбалансированной ходьбы.

Поэтому в данной статье предлагается возможный метод реализации походки робота на основе связанных осцилляторов [2], который позволяет найти зависимость между параметрами осциллятора и динамикой системы без расчетов точки ZMP [3] в реальном времени.

Связанные осцилляторы

Предложенный метод представляет собой сочетание двух видов групп осцилляторов. Две группы осцилляторов движения представляют траектории движения каждой стопы робота, а группа осцилляторов баланса отвечает за траекторию центра масс. Все группы осцилляторов содержат по 6 осцилляторов - по два на каждую ось (Рис. 1).

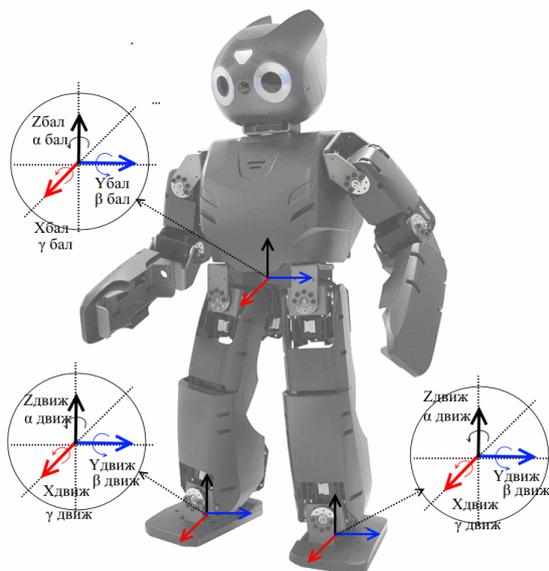


Рис. 1. Связанные осцилляторы

Общая траектория движения робота $OSC_{общ}$ может быть выражена в виде суперпозиции осциллятора баланса $OSC_{бал}$ и осцилляторов движения $OSC_{движ}$ (1).

Определим параметры осциллятора: амплитуду ρ , угловую скорость ω , фазовый сдвиг δ , смещение μ и γ - коэффициент двухопорной фазы. Тогда можно выразить осциллятор баланса как (2) и осциллятор движения как (3).

$$OSC_{общ} = OSC_{движ} + OSC_{бал} \quad (1)$$

$$OSC_{бал} = \rho_{бал} \sin(\omega_{бал} t + \delta_{бал}) + \mu_{бал} \quad (2)$$

$$OSC_{движ} = \begin{aligned} & p_{движ} \left[0, \frac{rT}{4} \right) \\ & p_{движ} \sin(\omega_{движ} t + \delta_{движ}) \left[\frac{rT}{4}, \frac{T}{2} - \frac{rT}{4} \right) \\ & - p_{движ} \sin(\omega_{движ} \left(t - \frac{rT}{2} \right) + \delta_{движ}) \left[\frac{T}{2} - \frac{rT}{4}, \frac{T}{2} + \frac{rT}{4} \right) \\ & p_{движ} \left[\frac{T}{2} + \frac{rT}{4}, T - \frac{rT}{4} \right) \\ & p_{движ} \left[T - \frac{rT}{4}, T \right) \end{aligned} \quad (3)$$

$\omega = \frac{2n\pi}{T}$, где n представляет собой положительное целое число и зависит от оси осциллятора, δ также может быть определена с учетом симметричности характеристик кинематики и походки. $\rho_{бал}$ и $\rho_{движ}$ являются важными параметрами для движения и баланса.

На рисунке 2 показана работа каждого осциллятора при ходьбе вперед, когда значение параметров: $T=1.2$, $\gamma=0.25$, $\rho_{движ_x} = 30$, $\rho_{движ_z} = 30$, $\rho_{бал_x} = 10$, $\rho_{движ_y} = 20$, $\rho_{движ_z} = 3$. Все остальные параметры принимаются равными нулю.

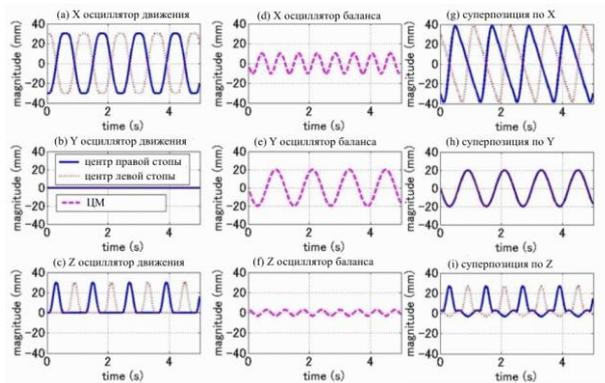


Рис. 2. Суперпозиция осцилляторов

На рисунке 3 изображены траектории центра масс и стоп робота. Также из рисунка 3 следует, что $r_{\text{движ}_X}$, $r_{\text{движ}_Z}$, $r_{\text{бал}_X}$, $r_{\text{бал}_Y}$, $r_{\text{бал}_Z}$ совпадают с длиной шага, высотой подъема стопы, величиной бокового перемещения и величиной вертикального перемещения.

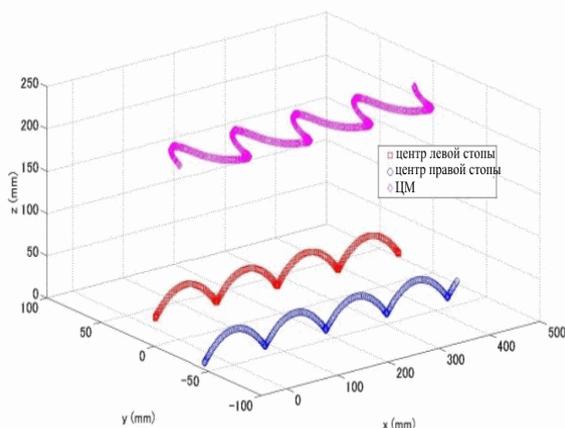


Рис. 3. Траектория движения стоп и ЦМ

Шаблон циклической походки может быть получен путем выбора соответствующих параметров осциллятора. Например, если задан коэффициент γ , то можно найти соотношение $r_{\text{движ}_X}$ и $r_{\text{бал}_X}$, которое позволит организовать движение центра масс с почти постоянной скоростью (Рис. 4). В ходе симуляции было установлено, что это значение равно 0.35 и оно не зависит ни от каких других параметров кроме γ .

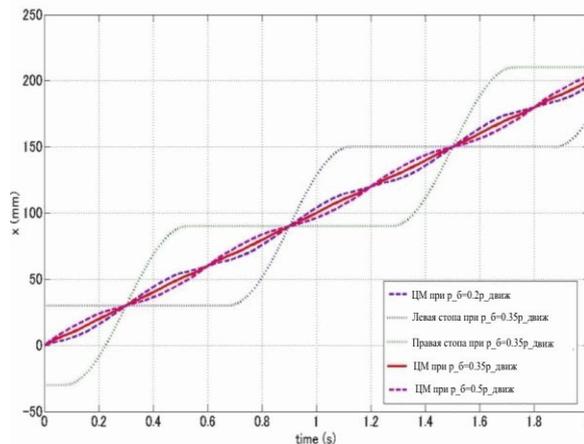


Рис. 4. Траектория движения стоп и ЦМ

От сгенерированной траектории по предложенной модели можно вычислить углы поворотов движителей робота путем решения обратной задачи кинематики.

Тестирование и результаты

Данный метод связанных осцилляторов был протестирован на открытой платформе антропоморфного робота DARwIn-OP. При тестировании был использован 3-осный гироскоп и датчики углов поворотов движителей.

Были проведены эксперименты по устойчивой ходьбе с различными параметрами осциллятора. В течении этих экспериментов данные об углах суставов сохранялись, и затем передавались в симулятор для анализа.

Также в ходе экспериментов была выявлена необходимость в контроле баланса робота для стабилизации его походки и реакции на внешние возмущения.

Заключение

В данной работе был предложен метод связанных осцилляторов с помощью которого можно определить связь между параметрами осциллятора и динамикой системы для генерации походки антропоморфного робота.

Предложенный метод был протестирован на платформе DARwIn-OP в режиме симуляции и показал, что вычислительные мощности платформы позволяют генерировать траектории перемещения конечностей робота в реальном времени. Кроме того, тесты выявили необходимость контроля устойчивости робота во время ходьбы.

В дальнейшем планируется работа над контролем устойчивости и стабилизацией походки робота.

Список использованных источников

1. I. Na, Y. Tamura, H. Asama, "Development of Open Humanoid Platform DARwIn-OP", International Conference on Instrumentation, Control,

Information Technology and System Integration,
2011.

2. J. Morimoto, G. Endo, J. Nakanishi, and G. Cheng, “A Biologically Inspired Biped Locomotion Strategy for Humanoid Robots: Modulation of Sinusoidal Patterns by a Coupled Oscillator Model,” IEEE Transactions on Robotics, vol. 24, no. 1, pp. 185–191, 2008.

3. M. Vukobratovic and J. Stepanenko, “On the Stability of Anthropomorphic Systems”, Mathematical Biosciences, Vol.15, Oct., p.1-37, 1972