

УДК 004.021

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Довгополик И.С. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Научный руководитель – к.т.н. Борисов О.И.

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Аннотация. Доклад представляет новый подход к оптимизации планирования движения многозвенных робототехнических систем в конфигурационном пространстве с учетом затрат энергии. Предлагаемый подход основан на введении весовых коэффициентов, отражающих энергетический вклад в движение робота, в расчет стоимости перехода между вершинами графа при планировании пути на базе графов.

Введение. В свете увеличения количества роботов и увеличения потребляемой ими энергии, энергетическая оптимизация планирования движения является ключевой задачей, позволяющей сократить затраты и улучшить экологию. Это особенно актуально для роботов с ограниченным запасом энергии, таких как мобильные и антропоморфные роботы. Как правило движение мобильных роботов обычно оптимизируется по кратчайшему пути, так как для таких роботов расход энергии пропорционален длине пути, однако планирование движения многозвенных робототехнических систем, таких как роботы-манипуляторы, требует других подходов к оптимизации энергопотребления. Существующие методы, связанные с введением динамических ограничений, могут ограничить высокотратные движения, но это ограничивает возможные решения и, потенциально, может увеличить время работы алгоритмов поиска пути. В данной работе представлен алгоритм оптимизации планирования пути для многозвенных робототехнических систем по расходу энергии.

Основная часть. Для многозвенных робототехнических систем характерно пропорциональное распределение нагрузки между звеньями. Обычно, звеном с наибольшей нагрузкой является первое (у основания робота), так как оно тянет всю конструкцию и полезную нагрузку инструмента робота. Сочленение этого звена расходует наибольшее количество энергии на перемещение. Каждое следующее звено имеет нагрузку такую же, как предыдущее звено за вычетом его инерции. Часто сочленения вращаются за счёт вращающего момента одного и того же двигателя, причём двигатель может вращать как соседние по порядковому номеру сочленения (первое и второе, например), так и не соседние (первое и последнее). Оптимизация по кратчайшему пути не отражает распределение нагрузки по звеньям. Для учёта затрат энергии предлагается модифицировать функцию стоимости перехода между вершинами графа. Для конфигурационного пространства стандартная функция перехода между состояниями (подразумевается, что пространство представлено в виде графа) представляет собой сумму углов вращений всех сочленений робота. Предлагается ввести в функцию перехода между состояниями робота домножением угла вращения каждого звена на весовой коэффициент, отражающий энергетический вклад в общее движение. Коэффициенты могут быть вычислены путём сравнения номинального момента двигателя рассматриваемого звена и максимального номинального момента двигателя среди всех звеньев. Таким образом, самое энергозатратное звено будет иметь коэффициент равный 1, а остальные меньше 1. Тогда при поиске пути в графе более приоритетными будут вращения слабонагруженных звеньев, в то время как наиболее нагруженные звенья будут вращаться только при отсутствии альтернативы. Таким образом при оптимизации планирования движения будут учтены энергетические вклады каждого звена.

Выводы. Предложенный метод оптимизации потребления энергии многозвенными робототехническими системами апробирован на семизвенном артикулированном роботоманипуляторе Kuka LBR iiwa. Результаты показали, что полученные траектории имеют сумму вращений всех сочленений большую, чем исходная оптимизация по кратчайшему пути, однако анализ мгновенных моментов показал, что затраты энергии уменьшились за

счет приоритетного использования малонагруженных звеньев перед сильно нагруженными. Это подтверждает, что предложенный подход является более оптимальным, чем оптимизация по кратчайшему пути. Дальнейшим этапом является апробация на других типах кинематики многозвенных роботов.