

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ В СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЕ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ

Шихалев М.А., Огородников А.И.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург*

Ключевые слова: коллаборативный робот, искусственная кожа, калибровка движения, датчики, промышленные роботы, медицинские роботы.

Аннотация. Использование роботов для выполнения заданий совместно с человеком ограничено требованиями безопасности. Типовой промышленный робот не оснащен средствами обнаружения человека в рабочей зоне. В данной работе выполнен анализ вариантов организации сенсорной системы коллаборативных роботов, предназначенных преодолеть обозначенную проблему. Рассмотрена структура и принцип действия «искусственной кожи» в сенсорной системе коллаборативных роботов.

USE OF ARTIFICIAL LEATHER IN THE SENSORY SYSTEM OF COLLABORATIVE ROBOTS

Shikhalev M.A., Ogorodnikov A.I.

*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg*

Keywords: collaborative robot, artificial leather, motion calibration, sensors, industrial robots, medical robots.

Abstract. The use of robots to perform tasks together with a human is limited by safety requirements. A typical industrial robot is not equipped with means of detecting a person in the work area. This paper analyzes options for developing the sensory system of collaborative robots designed to overcome the identified problem. The structure and principle of operation of “artificial leather” in the sensory system of collaborative robots is considered.

Введение

Промышленный робот является мехатронной системой, в проектировании и эксплуатации [1] которого большую роль играет подсистема управления [2]. Общая тенденция развития робототехники в рамках концепции «Индустрия 5.0» предполагает развитие человеко-машинных интерфейсов и внедрение коллаборативной робототехники [3]. Коллаборативные роботы наделяются функцией биосовместимости [4], что позволяет их использование в выполнении совместных работ с человеком. Биосовместимость роботов обеспечивается средствами технического зрения, адаптивного управления, сенсорного контроля силовых характеристик. Важным требованием для таких роботов является ограничение по скорости и ускорению подвижных звеньев.

К настоящему моменту не все проблемы устойчивого управления биосовместимыми роботами решены, продолжается поиск эффективных средств осязания манипулятора и рабочих органов. Цель данной статьи – дать анализ малозатратных вариантов осязания коллаборативных роботов с применением сенсорной системы типа «искусственная кожа».

Использование искусственной кожи для калибровки движений

Искусственная кожа, составленная из акселерометров и ультразвуковых датчиков приближения, может быть использована для калибровки движений коллаборативного робота [5]. Датчики располагаются на корпусе манипулятора и составляют архитектуру автономной искусственной кожи. Датчики контролируют приближение человека и угол поворота плеча манипулятора. Считывая информацию, робот калибрует свое движение и меняет траекторию движения, чтобы избежать столкновение с человеком.

Алгоритм калибровки включает три этапа. 1) Сбор данных, считывание показаний датчиков в статическом и динамическом режимах, конвертация считанных данных в общий файл. 2) Внесение данных в кинематическую модель робота. 3) Оптимизация движений с использованием кинематической модели.

Имитация роботом тактильной функции кожи человека

Искусственная кожа может быть использована для регистрации точки касания поверхности манипулятора внешним объектом [6], а также величины приложенного усилия. Соответствующая бионическая архитектура искусственной кожи имитирует тактильную функцию кожи человека и позволяет системе управления адекватно реагировать на касание. Искусственная кожа состоит из волокон, которые играют роль механических рецепторов и образуют решетку на обширной поверхности. Получаемый сигнал анализируется в рамках модели кожи человека с тельцами Руффини, которые являются глубоко залегающими и медленно адаптируемыми механическими рецепторами.

Использование искусственной кожи в роботизированных технологиях сканирования

Большой интерес представляет использование искусственной кожи в сенсорной системе роботов, выполняющих технологические операции пространственного сканирования [7]. В частности, можно использовать датчики для обнаружения отклонений в химическом составе или в уровне физических свойств поверхности.

Коллаборативный робот может сканировать человека с целью поиска токсичных химических веществ слабой концентрации. Для решения такого рода задач требуется применение методов оптимизации и искусственного интеллекта в алгоритме обработки данных от интерактивной сенсорной системы. Структура соответствующей искусственной кожи формируется из двух растяжимых матриц, изготовленных способом струйной печати. Одна матрица обеспечивает измерение расстояния до поверхности, а также отображение тактильных ощущений и температуры в режиме реального времени. Вторая матрица осуществляет локальный электрохимический отбор проб с помощью гидрогеля с одновременным анализом опасных соединений и биологических элементов, таких как пестициды или вирусы.

Заключение

Выполнив анализ развиваемых и обсуждаемых технических решений в области сенсорной системы коллаборативных роботов, можно отметить большое разнообразие структурной реализации датчиков в зависимости от решаемых

роботом задач. Как правило, искусственная кожа состоит из матрицы и распределенных датчиков. В создании искусственной кожи используются аддитивные технологии и пластичные материалы для изготовления матрицы. Ожидается, что внедрение искусственной кожи позволит использовать коллаборативных роботов в технологических операциях с опасными для человека факторами.

Список литературы

1. Огородникова О.М., Ваганов К.А., Юшков И.В. Адаптация стандартов ЕСКД последней редакции для проектирования промышленных роботов в интегрированной программной среде // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2015. – № 2. – С. 49-55.
2. Огородникова О.М., Проничев И.М. Об опыте проектирования робототехнического комплекса для неразрушающего контроля // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2016. – № 3. – С. 36-40.
3. Ogorodnikova O.M., Ali W. Method of ripe tomato detecting for a harvesting robot // AIP Conference Proceedings. 2019, vol. 2174, p. 020146.
4. Огородников А.И., Проничев И.М., Огородникова О.М. Модель совместного движения человека и робота-экзоскелета для создания системы управления // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. –2017. – Т. 16, № 1. – С. 98-101.
5. Watanabe K., Strong M., West M. Self-contained kinematic calibration of a novel whole-body artificial skin for human-robot collaboration // arXiv:2110.1451v1. 2021, no. 1, pp. 1-9.
6. Massari L., Fransvea G., D'Abbraccio J. Functional mimicry of Ruffini receptors with Fiber Bragg Gratings and Deep Neural Networks enables a bio-inspired large-area tactile sensitive skin // Nature Machine Intelligence. 2022, no. 4, pp. 425-435.
7. Yu Y., Li J., Solomon S. All-printed soft human-machine interface for robotic physicochemical sensing // Science Robotics. 2022, vol. 7, no. 67, pp. 1-20.

Сведения об авторах:

Шихалев Максим Александрович – студент;

Огородников Алексей Игоревич – к.т.н., доцент кафедры электронного машиностроения.