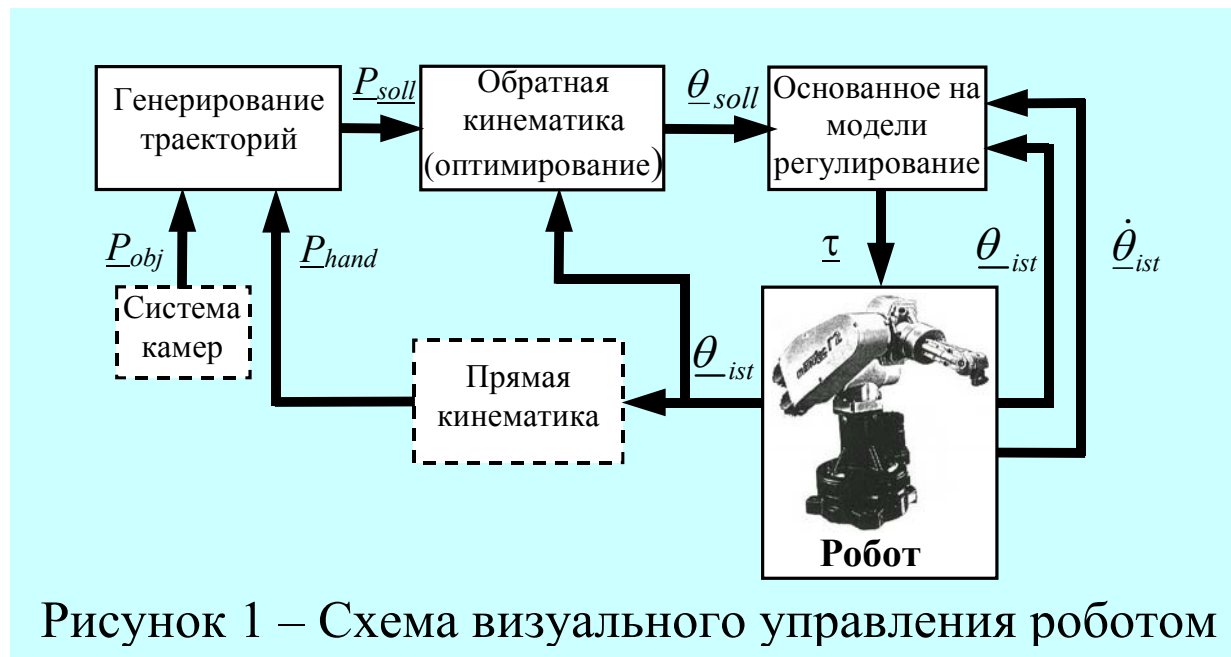


ОПРЕДЕЛЕНИЕ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ КИНЕМАТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ КАК ОСНОВЫ ИХ ВИЗУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Дёшнер Х. д. т. н., профессор, Красных А.Н., аспирант,
(*Otto-von-Guericke университет, г. Магдебург, Германия*)

Разработана концепция визуального управления индустриальным роботом в реальном времени (рис.1). Данная структура осуществляет управление роботом на основании сигналов оптических датчиков о положении и ориентации объекта в рабочем пространстве и состоит из системы камер, обратной кинематики, генератора траекторий и прямой кинематики.



Регулирование робота, основанное на модели, использует специальную нейрональную архитектуру, основанную на экспериментальных данных для моделирования нелинейной динамической структуры робота. Данная система регулирования находится уже в распоряжении [3]. Управление роботом с помощью визуальной информации требует построения системы между визуальной информацией, полученной от оптических датчиков, и углами сочленения суставов робота. Система визуального управления, основанная на кинематике робота, осуществляет необходимое изменение углов сочленения

суставов, которые являются входными сигналами для системы регулирования (θ_{soll}). Система камер служит для определения положения и ориентации объекта (P_{obj}) в рабочем пространстве робота, используя сигналы от оптических датчиков. С другой стороны положение и ориентация рабочего органа робота (P_{hand}) вычисляется с помощью прямой кинематики из измеренных углов сочленения суставов (θ_{ist}). При этом положения и ориентации руки робота и объекта являются соответственно начальной и конечной точками, между которыми с помощью задатчика траекторий генерируется траектория в пространстве. Данная траектория упорядочивает изменения положения и ориентации рабочего органа робота во времени (P_{soll}), которые являются входными сигналами для инверсной кинематики. Инверсная кинематика осуществляет трансформацию из конфигурации рабочего органа в пространстве в желаемые значения углов сочленения суставов (θ_{soll}).

Для практической реализации визуального управления робота были выбраны 4 камеры, которые образуют систему камер. Две из них осуществляют внешнее наблюдение для грубого определения положения и ориентации объекта. Две других камеры, которые закреплены на рабочем органе робота, служат для точного определения конфигурации объекта в рабочем пространстве. Для определения положения и ориентации объекта служат три закрепленные на нем диода. Чтобы влияние каждого диода могло быть обнаружено, на компьютере осуществляется моделирование сигналов диодов. В качестве камер используются позиционновосприимчивые детекторы (PSD) из-за их высокой точности, скорости и малой нелинейности. Кроме того, в отличие от обычных камер, разрешение позиционновосприимчивых детекторов не ограничено размерами точек и прежде всего не требует распознавание изображений камер. Таким образом, наша измерительная система камер состоит из четырех PSD -датчиков, четырех усилителей для обработки и усиления сигналов и $DSpace$ -системы для A/D -преобразования. В качестве робота используется 6-ти суставной индустриальный робот "manutec r2" фирмы "Siemens".

Как видно из рис.1, кинематика играет существенную роль в визуальном управлении роботом. Различают прямую и обратную кинематику. Согласно [1] и [2] прямая кинематика робота

находит для определенной конфигурации сустава, точку в декартовом рабочем пространстве. Так как положение робота соответствует точке в рабочем пространстве, прямая кинематика находит однозначное решение. Если геометрические параметры робота точно определены, то положение и ориентацию рабочего органа можно определить с помощью прямой кинематики.

Задача обратной кинематики состоит в определении из заданного положения P и ориентации (α, β, γ) соответствующих углов сочленения θ_i [5]. При этом обратная кинематика математически намного сложнее, чем прямая. Так как обратная кинематика нам необходима в online-режиме работы, то ставятся требования по скорости. Для данной кинематики не существует общих методов решения на основании её сильной нелинейности. Сложность проблемы заключается также в нахождении общего численного решения для любого робота. Кроме того, обратное преобразование находит не однозначные решения для углов сочленения. Одно и то же положение рабочего органа может быть зачастую достигнуто посредством множества различных конфигураций робота. Из-за ряда таких проблем было предложено определение обратной кинематики с помощью метода оптимизации Левенберга-Марквардта для нелинейной системы. При этом последние определенные углы сочленения служат как начальные значения для расчета новых углов. Другими словами оптимизация Левенберга-Марквардта [4] осуществляет минимизацию функции квадратичной ошибки по положению и ориентации рабочего органа в каждой точке i заданной траектории движения.

Эффективность данного метода определения обратной кинематики доказана при моделировании, а также экспериментально для 6-ти суставного промышленного робота "manutec r2". Другой проблемой визуального управления роботом является генерирование траекторий в декартовой координатной системе. На данный момент она не полностью рассмотрена, т.к. осуществляется только генерирование линейных траекторий в пространстве согласно полиному пятого порядка. Данные траектории образуются между начальной и конечной точками положения рабочего органа в рабочем пространстве робота.

Перечень ссылок

1. J.J. Craig Introduction to Robotics: Eletrical and Computer Engineering - MA: Addison-Wesley Publishing C., 1989. - p.450.
2. K.S. Fu, R.C. Gonzales and C.S.G. Lee: Robotics: Control. Sending, Vision and Intelligence, New York: McGraw-Hill, 1987. - p.580.
3. M.S. Liping Sun: Beitrag der Entwicklung lernfähiger Strukturen für die visuomotorische Koordination von Robotern. Universität Magdeburg, IFAT, Dissertation, 2000. - p.105.
4. W. Krabs: Einführung in die lineare und nichtlineare Optimierung für Ingenieure. Leipzig: 1983. - p.232.
5. R.P. Paul: The Computer Control of Robot Manipulators. MIT-Press, Massachusetts: 1986. - p.279.