

4. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. -М.: Мир, 1971.
5. Воронов А. А. Введение в динамику сложных управляемых систем. -М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1985.
6. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. -М.: Машиностроение, 1986.

Н.С. Анишин, И.Н. Булатникова, Н.Н. Гершунина

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Средства автоматизации на базе роботов и робототехнических систем развивались по двум путям: использование универсальных средств и создание специализированных систем.

Универсальность диктовалась математической сложностью задачи управления, необходимостью адаптации к разнотипному оборудованию и стремлением сократить сроки разработки [1,2].

Так появились системы программного управления, требовавшие предварительного программирования (позиционного или алгоритмического). Причем, простота программирования достигалась за счет сложности аппаратного обеспечения и наоборот.

Возникшее противоречие между аппаратным и программным обеспечениями сдерживало широкое внедрение робототехники в качестве средств высокого уровня автоматизации.

Это противоречие еще больше усилилось после появления микропроцессоров с их весьма (особенно в первый период) ограниченными вычислительными возможностями (разрядная сетка, объем памяти, упрощенный набор команд и т.д.).

Разрешение этого противоречия - в разработке особенного алгоритмического обеспечения, максимально адаптированного к микропроцессорной реализации основных вычислительных процедур, типичных для робототехнических систем.

В основе такого обеспечения лежит новый идеологический подход к микропроцессору как к инструменту кибернетическому, а не математическому.

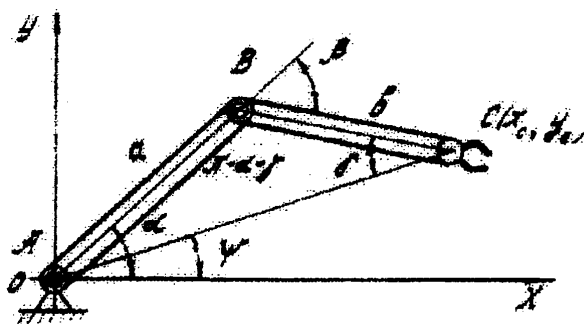
Он позволяет построить вычислительный процесс не на основе аналитических выражений и алгоритмов, им соответствующих, а на основе цифрового моделирования перемещений (и положений - как накопленный результат) кинематических узлов (шарниров и кинематических пар) в трехмерном пространстве, с учетом их инерционности и кинематических ограничений [3,4].

Другая особенность применения МП в роботах - способность к встраиванию в аппаратуру [5] требует, чтобы алгоритмы моделирования могли допускать простую аппаратную реализацию, что также обеспечивается за счет (а можно сказать, создает предпосылки для) распараллеливания вычислительных процессов.

Прежде чем перейти к изложению принципов построения алгоритмов моделирования, отметим, что многие вычислительные задачи проще решаются геометрическим способом, чем, например, алгебраическим. К таким задачам относится задача построения треугольника по трем сторонам (т.е. трем числам, задающим длины его сторон).

В начертательной геометрии для этого достаточно циркуля и линейки, вместо которых можно использовать процедуры линейной и круговой интерполяции. Их машинные алгоритмы весьма просты, не содержат "длинных" операций (умножение, деление) и поэтому весьма быстродействующие.

О потенциально большем быстродействии такого моделирования (геометрические построения) красноречиво говорит такой пример. Имеем шарнирно-звездный робот-манипулятор с двумя степенями свободы (рис.1). Для его управления требуется найти две обобщенные координаты (α и β - углы силовых приводов), обеспечивающие попадание схвата в точку $C(x_c, y_c)$, заданную своими координатами в области достижимости робота.



Формулы пересчета координат - очень сложны:

$$\alpha = \arctg(y_c / x_c) + \arccos((a^2 - b^2 + x_c^2 + y_c^2) / 2a\sqrt{x_c^2 + y_c^2}), \quad (1)$$

$$\beta = \pi - \arccos((a^2 - b^2 + x_c^2 + y_c^2) / 2a\sqrt{x_c^2 + y_c^2} - ((b^2 - a^2 + x_c^2 + y_c^2) / 2b\sqrt{x_c^2 + y_c^2})). \quad (2)$$

В то же время геометрически задача пересчета координат (обратная задача) может быть решена весьма просто - с использованием алгоритмов круговой цифровой интерполяции двух окружностей радиусом a и b с центрами в точках A и C , соответственно. Будет найдена точка их пересечения B (аналогия с засечками циркулем при геометрическом построении треугольника ABC). Одновременно с цифровой интерполяцией ведется отсчет текущего угла, образованного радиус-вектором с осью X . По ним легко рассчитываются углы α и β .

Простые и быстродействующие алгоритмы (заметим, целочисленные) линейной, круговой интерполяции и вычисление при этом угловых перемещений радиус-векторов разработаны нами специально для этих применений [6,7].

Поясним, за счет чего достигается выигрыш в быстродействии. Расчет по формулам (1) и (2) в существующих микропроцессорных системах производится для новой точки каждый раз заново.

В наших же алгоритмах производится только отслеживание новой точки, когда робот до этого находился в близком от нее положении. Инерционность робота не позволяет как бы проскакивать через промежуточные положения. Алго-

ритмы и МП достаточно быстродействующие, чтобы работать в реальном масштабе времени, даже если за 1 шаг принимается величина допустимой погрешности позиционирования робота (порядка 0,1 мм).

В заключение отметим, что появление микропроцессоров и геометрико-построительных методов расчета кинематических связей в роботах, станках и других механизмах создало перспективу развития нового научного направления - электронная кинематика. Задание должных положений рабочего органа (схват, резец, сварочный электрод и т.п.) осуществляется за счет нужных функциональных преобразований исходных данных (приказов), а не за счет сложных кинематических связей, кинематических пар, технология изготовления которых более дорогостоящая, трудо- и времязатратная, чем разработка МП системы с изменяемой программой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Платонов А.К.* Проблемы разработки микропроцессорных средств для систем управления роботами. - Микропроцессорные средства и системы, 1984. - N1. С.22-27.
2. *Игнатъев М.Б. и др.* Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. Л., 1972.
1. *Анишин Н.С.* Неаналитический метод решения обратной задачи для манипуляционных роботов. - Машиноведение. - 1986. N3. С.5-9.
2. *Платонов А.К.* Геометрические преобразования в робототехнике. - Новое в жизни, науке, технике СССР. Математика, кибернетика. М.: изд-во Знание. 1988. - N4.
3. *Шахнов В.А.* Развитие и применение микропроцессоров и микропроцессорных комплексов БИС. - Микропроцессорные средства и системы, 1984. N1. С.17-22
4. *Анишин Н.С., Тивков А.М., Марьяненко В. К.* Оптимальный алгоритм цифровой круговой интерполяции. - Изв. вузов СССР. Приборостроение. - 1983. N8. С.56-59
5. *Анишин Н.С.* Алгоритмы преобразования координат для МП. - Изв. вузов СССР. Приборостроение. 1985. N5. С. 34-39.

Т.А. Пьявченко

ПРОГРАММНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ И ИНЕРЦИОННОСТЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЙ

При использовании микроконтроллера в процедурах измерения и первичной обработки сигналов возникает задача выбора его разрядности с целью обеспечения требуемой точности представления наблюдаемого сигнала x . Информация от аналоговых измерителей через модули ввода поступает в микроконтроллер, где обрабатывается по заданным или выбранным алгоритмам. Модули ввода содержат первичные преобразователи (преобразователи физических величин в ток или напряжение); нормализаторы для смещения уровня сигнала или для преобразования тока в напряжение; RC-фильтры для отсеивания высокочастотных помех и помех промышленной частоты; аналого-цифровые преобразователи (АЦП) для получения цифровых кодов вводимой информации. Каждое из перечисленных устройств обладает собственной инструментальной погрешностью, которая задается в паспортных данных соответствующего устройства в виде $\delta\%$ от номинала или от диапазона измерения и является главным параметром при выборе того или иного устройства.