

М. В. Трофимов – студент кафедры управления и информатики в технических системах

М. В. Бураков (канд. техн. наук, доц.) – научный руководитель

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МАНИПУЛЯТОР С ШЕСТЬЮ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

В настоящее время все ведущие производства используют автоматизированные конвейеры. Однако затраты на автоматизацию для малого бизнеса высоки, а существующие решения в большинстве своем узко направлены. Универсальное решение позволило бы снизить затраты на внедрение и расширило бы области применения подобных систем. Ключевым моментом здесь является задача разработки универсального манипулятора [1].

Манипулятор-рука с 6 степенями свободы имеет плечевой, локтевой, кистевой сгибы (рис.1).

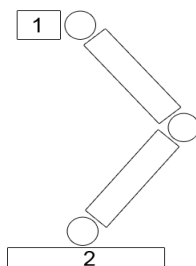


Рис. 1. Схема манипулятора (1 – захват, 2 – основание)

Работой манипулятора управляют двигатели – сервоприводы PowerHDHigh TorqueServo 1501MG (плечевой, локтевой, кистевой сгибы) и Springrc SM-S4306 (поворот всей руки и захват).

Плата управления двигателями базируется на микроконтроллере (МК) Atmel ATmega16 [2, 3]. Выбор микроконтроллера был обусловлен его гибкостью и доступностью. Программа была выполнена на языке C в среде Code Vision AVR. МК работает от встроенного генератора, точности которого вполне достаточно. Прошивка осуществлялась с помощью программы PonyProg2000 через внутрисхемный программатор для COM порта персонального компьютера (ПК).

Коммуникация с ПК реализована через USB порт посредством микросхемы FT232RL. Система легко подключается как к стационарному компьютеру, так и к ноутбуку.

Программа выполняет задачу контроля сервоприводов. Принимает данные по USARTC ПК, формирует управляющий сигнал и посылает его на сервоприводы через определенный интервал времени до тех пор, пока с компьютера не поступят новые данные о положении двигателей.

Сервоприводы управляются длительностью импульсов, повторяющихся через каждые 15 – 20 мС. Для сервоприводов, имеющих фиксированный угол поворота, чаще всего, импульс шириной 1500 микросекунд соответствует среднему положению вала, а изменение ширины импульса на 400 мкс – повороту на 45 градусов.

Сигнал с ПК (номер и угол поворота/скорость), который проходит через FT232RLпоступает на USARTинтерфейс микроконтроллера, который обрабатывает сигнал и посылает подтверждение на ПК для отслеживания сбоя (ножки RXи TX МК).

Формат команд, поступающий на плату управления идентичен формату команд большинства производителей контроллеров сервоприводов (Pontech, New Micros, Pololu, Net Media, Lynxmotion, Picobytes, Parallax), благодаря чему совместно с программой можно использовать практически любую плату управления

Все математические вычисления приходятся на ПО. Таким образом, задержки между полученной командой и её реализацией сведены к минимуму.

Для видео контроля используются две камеры (для получения координат в трехмерном пространстве, рис. 2).

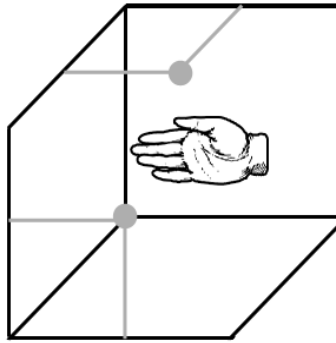


Рис. 2. Расположение камер для слежения за рукой

Возможно слежение за определенным оттенком или предметом (для распознавания предметов используется алгоритм Speeded Up Robust Features SURF).

В процессе разработки ПО значительная часть работы была направлена на реализацию максимального количества вариантов управления манипулятором. Такой подход значительно расширяет применимость и повышает удобство использования программы.

В качестве управляющих команд можно использовать [4]:

- углы поворота двигателей;
- координаты точки;
- путь перемещения;
- видеоконтроль (например, повторение движений пользователя);
- последовательность команд (например, движение от предмета к предмету).

Для решения задачи нахождения углов поворота двигателей, при известных координатах цели, необходимо использовать инверсную кинематику. Для примера возьмем случай, при котором нам необходимо захватить объект сверху (т.е. захват должен находиться перпендикулярно плоскости, на которой расположен объект). Функция для расчета углов поворота описывается следующим образом:

```
PrivateFunction GetCoordinatesAbove(ByVal x As Double, ByVal y As Double, _
ByVal z As Double, ByRef j1 As Integer, ByRef j2 As Integer, _
ByRef j3 As Integer, ByRef tn As Integer)
Dim c, ang, d As Double
tn = CInt(Atan(y / x))
x = Sqrt(x ^ 2 + y ^ 2)
z = z + e
c = Sqrt(x ^ 2 + z ^ 2)
j2 = CInt(Acos((a ^ 2 + b ^ 2 - c ^ 2) / (2 * a * b)))
ang = Atan(z / x) + Acos((c ^ 2 + b ^ 2 - a ^ 2) / (2 * b * c))
j1 = CInt(ang)
d = Sqrt((x - b * Cos(ang)) ^ 2 + (z - e - b * Sin(ang)) ^ 2)
j3 = CInt(Acos((a ^ 2 + e ^ 2 - d ^ 2) / (2 * a * e)))
Return True
EndFunction
```

Универсальность данной системы заключается в том, что все сценарии управления задаются пользователем и не требуют каких-либо специальных знаний. Достаточно выбрать способ управления и задать опорные точки или же «показать» движения. В данный момент разрабатывается алгоритм полного повторения движений руки человека (пока что манипулятор двигается вслед за рукой, не реализовано сгибание/разгибание кисти). Планируется добавить возможность задания новых законов и алгоритмов движения приводов прямо в программе, не изменяя исходный код. Таким образом, программное обеспечение можно будет использовать для широкого спектра научных разработок.

Разработанная система может применяться как в учебных целях, так и на малых производствах, так как стоимость конечной установки будет намного меньше заводских аналогов. Процесс сборки корпуса манипулятора занимает не более 3 – 4 часов. Детали выполняются из листа алюминия или орг. стекла толщиной 3мм лазерной резкой.

Библиографический список

1. Трофимов М.В. Роботизированная рука-манипулятор // Сборник докладов 64-й Международной СНТК. ГУАП, СПб. 2011.
2. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Мега. М: Додэка, 2007. 594с.
3. Голубцов М.С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. М: Солон, 2004. 304с.
4. Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота – манипулятора. М: Наука, 1976.