DOI: 10.17117/na.2015.12.02.277

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.277.pdf>

Поступила (Received): 21.12.2015

Сёмочкин А.Н., Коломыцын Е.А. Пример реализации моторной памяти в робототехнических устройствах

Semochkin A.N., Kolomytsyn E.A.
The example of motor memory
implementation in robotics devices

В статье описан пример аппаратно-программной реализации системы запоминания и воспроизведения различных характеристик движения узлов робототехнических устройств: амплитуды, скорости, темпа, ритма, последовательности во времени

Ключевые слова: робототехника, моторная память, человеко-машинный интерфейс

This article describes an example of the hardware and software implementation of the system of storing and reproducing different characteristics of the motion of the nodes in robotic devices: amplitude, speed, tempo, rhythm, consistency over time

Key words: robotics, motor memory, human-machine interface

Сёмочкин Александр Николаевич

Кандидат физико-математических наук, доцент
Благовещенский государственный педагогический университет

г. Благовещенск, ул. Ленина, 104

Semochkin Alexandr Nikolaevich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor

Blagoveshchensk state pedagogical university
Blagoveshchensk, Lenin st., 104

Коломыцын Евгений Александрович

Благовещенский государственный педагогический университет

г. Благовещенск, ул. Ленина, 104

Kolomytsyn Evgeny Aleksandrovich

Blagoveshchensk state pedagogical university
Blagoveshchensk, Lenin st., 104

Данная работа выполняется в рамках исследований технологий человеко-машинных интерфейсов в части способов организации взаимодействия пользователя с компьютерной системой на основе распознавания образов. Для исследований границ применимости разрабатываемых математических моделей [3] в задачах человеко-машинных интерфейсов и моделирования общих с человеком видов и форм коммуникации разрабатываются экспериментальные образцы антропоморфных роботов [1, 2]. Наряду с проектированием и реализацией механики роботов немаловажную часть занимает разработка программного обеспечения. Особенную сложность представляет программирование управления движениями робота, которое зачастую сводится к реализации сложного алгоритма инверсной кинематики, когда определяются параметры кинематических цепей для достижения необходимой позиции, ориентации или расположения узлов робота относительно объектов среды. Целью данной работы

является создание системы для упрощенного программирования движений робототехнических устройств без использования инверсной кинематики, которая основывается на принципах феномена моторной памяти, известного из психологии [4]. Другими словами, целью является разработка системы запоминания различных характеристик движения узлов робототехнических устройств: амплитуды, скорости, темпа, ритма, последовательности во времени.

Данная задача обычно решается путем использования различных датчиков: потенциометров, датчиков изгиба, датчиков расстояния, акселерометров, гироскопов, сервоприводов с обратной связью и др.

В работе использованы стандартные сервоприводы, в которые внесены модификации, обеспечивающие реализацию обратной связи (Рис.1).

Рис. 1. Стандартный сервопривод и модифицированный сервопривод с обратной связью

Для реализации принципов моторной памяти была изготовлена программно-аппаратная платформа в виде антропоморфного робота с использованием общедоступных материалов, аппаратных узлов и свободного программного обеспечения, все элементы корпуса робота распечатаны на 3D принтере MyRiwell (Рис.2).

Рис. 2. Программно-аппаратная платформа антропоморфного робота с нижними конечностями

При проектировании предполагалось два режима функционирования робота: режим запоминания сценариев, то есть последовательности состояний всех подвижных узлов с учетом временных характеристик всех изменений, и режим проигрывания сценариев, сохраненных на модуль внешней памяти.

Для реализации движений узлов использованы стандартные цифровые сервоприводы со способом управления PDM (Pulse Duration Modulation), основной принцип работы которых заключается в следующем: через определенное логическое устройство (например, платы семейства Arduino) подается управляющий сигнал, несущий в себе определенную длину импульса постоянной частоты. Положение вала сервопривода напрямую зависит от длины импульсов, которая регулируется платой управления сервопривода в зависимости от значений потенциометра, считывающего текущее положение вала. В стандартных сервоприводах частота импульсов составляет 50 Гц и существует верхняя и нижняя границы длины импульсов. На разных моделях сервоприводов они могут отличаться, что требует дополнительной калибровки в каждом конкретном случае.

Сервопривод обладает отрицательной обратной связью, то есть он может принимать значения и осуществлять поворот вала на определенный угол, однако получить информацию о положении вала в определенный момент времени в стандартном сервоприводе невозможно. Для организации положительной обратной связи необходимо считывать выходное напряжение потенциометра сервопривода через микроконтроллер по отдельному каналу, и тем самым получать значение положения вала в любой момент времени (Рис. 3).

Рис. 3. Подключение к центральному контакту поворотного потенциометра для считывания выходного напряжения

Реальные значения минимального и максимального угла поворота вала сервопривода находятся по следующим формулам:

$$\min = A_MAX * A_VMIN / A_VREF,$$

$$\max = A_MAX * A_VMAX / A_VREF,$$

где A_VMAX – максимальное напряжение потенциометра, A_VMIN – минимальное напряжение потенциометра, A_MAX – коэффициент нормализации (равен 1024), A_VREF – рабочее напряжение сервопривода.

Коррекция по указанным формулам значений, получаемых от потенциометра, осуществляется командой скетча Arduino:

`angle = map( analogRead(pin), min, max , 0, 180),`

где `angle` – значение угла поворота вала в промежутке от 0 до 180 градусов, `pin` – номер соответствующего вывода платы Arduino для обратной связи сервопривода;

Для правильной работы алгоритма моторной памяти необходимо точно определить максимальное и минимальное напряжения потенциометра. От них зависит реальные показания углов вала сервопривода. Для выбранных сервоприводов эмпирическим путем были найдены следующие значения: `A_VMIN` – 0.2 вольт, `A_VMAX`– 3.3 вольт. Также необходимо точно указать рабочее напряжение сервоприводов. Чаще всего им является рабочее напряжение платы Arduino Mega 2560 – 5 вольт. Но при организации отдельного питания напряжение будет отличаться от стандартного. В данной работе напряжение сервоприводов `A_VREF` составляет 5.31 Вольт. Немаловажным фактом является и правильно подобранные длины импульсов для конкретных сервоприводов. Опытным путём были найдены следующие значения: 0 градусов – 435 микросекунд, 180 градусов – 2535 микросекунд. Эти значения необходимо вносить в библиотеку управления сервоприводами. Все эти аспекты очень сильно влияют на точность моторной памяти. При несоблюдении хотя бы одного, может появиться большая погрешность, и, записанное определенное движение будет сильно отличаться от действительности. Погрешность показаний в текущей модификации сервоприводов составила всего 1%, что позволяет очень точно передавать движения, записанные исполнителем.

Основной проблемой при реализации моторной памяти робота является небольшой объем ОЗУ основной платы Arduino Mega 2560, которая составляет 8 килобайт. Поэтому для сохранения характеристик сервоприводов в режиме обучения (записи сценариев) используется SD/microSD модуль авторской реализации (Рис.4), взаимодействующий с основной управляющей платой робота Arduino Mega 2560 посредством интерфейса SPI (Serial Peripheral Interface).

Рис. 4. Модуль чтения карты памяти (вид сверху и снизу)

Запись данных происходит сразу на карту памяти и, аналогично, данные считываются сразу с карты памяти и передаются на воспроизведение в сервоприводы. Данный подход имеет преимущества: нет ограничения по количеству сохраненных характеристик; нет ограничения по времени записи характеристик движения; данный тип памяти является энергонезависимым.

В режиме обучения преобразованные значения, считанные с потенциометров сервоприводов, сохраняются в файл на карте памяти. Для каждого сценария создается свой отдельный файл, а название файла идентично порядковому номеру сценария, что позволяет управлять данными на карте памяти через стандартные библиотеки Arduino.

Начало записи данных с потенциометров происходит только тогда, когда хотя бы один сервопривод изменил свое положение. Для этого перед началом работы записываются начальные значения углов поворота сервоприводов, которые впоследствии сравниваются со следующими значениями и, при изменении значений, начинается запись. Это позволяет не записывать пустые значения, дожидаясь взаимодействия с человеком. Окончание записи сценария происходит по нажатию специальной кнопки, которое выводит программу из цикла.

Для обеспечения всех функций работы устройства в электронной сборке используются (Рис.5): Arduino Mega 2560, модернизированные сервоприводы с обратной связью, microSD модуль, литий-полимерный аккумулятор, RGB SMD светодиод. Для работы сервоприводов требуется ШИМ-модуляция, поэтому они подключены к ШИМ-выводам платы Arduino Mega 2560. Для считывания выходного напряжения с потенциометров сервоприводов контакты обратной связи подключаются к аналоговым выводам платы Arduino Mega 2560. В качестве питания электронной схемы используется литий-полимерный аккумулятор, обеспечивающий сервоприводы питанием с большими значениями силы тока (до 2А на один сервопривод).

Описанная программно-аппаратная платформа антропоморфного робота с моторной памятью позволяет записывать и проигрывать сценарии двигательной активности кинематических цепей узлов робота. В дальнейшем данный подход с использованием моторной памяти предполагается использовать в исследованиях применимости математической модели темпьюнкта [3] в задачах обучения машин симультанному узнаванию ситуаций, считываемых с сервоприводов с обратной связью и других датчиков, установленных на борту робота.

Список используемых источников:

1. Сёмочкин А.Н. Антропоморфный робот как платформа для проведения исследований в области технологий человеко-машинного интерфейса на основе распознавания образов. КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС. 2014. С. 207-208.
2. Сёмочкин А.Н., Хаданович С.С. Сетевой драйвер устройств на базе Arduino как основа программной архитектуры антропоморфного робота // Научный альманах. 2015. № 9 (11). С. 804-808.
URL: <http://ucom.ru/doc/na.2015.09.804.pdf>
3. Сёмочкин А.Н. Темпьюнкт как модель узнавания образов // Высокие технологии, экономика, промышленность. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
4. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. СПб: Питер, 2004. 678 с.

© 2015, Сёмочкин А.Н., Коломыцын Е.А.
*Пример реализации моторной памяти в
робототехнических устройствах*

© 2015, Semochkin A.N., Kolomytsyn E.A.
*The example of motor memory implementation in
robotics devices*