

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Информационная безопасность»

математико-механический факультет

кафедра алгебры и дискретной математики

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

**Модель управления и передачи данных
для робототехнических устройств**

Руководство пользователя компьютерной программы

Автор: программист РУНЦ
«Информационная безопасность»
Шека А. С.

Екатеринбург
2008

Модель управления и передачи данных для робототехнических устройств

Общая информация

Пакет программ предназначен для обеспечения взаимодействия между удаленным, мобильным, автономным робототехническим устройством и стационарным компьютером. Разработка и испытания производились на базе колесного робота, снабженного видеокамерой. Разработанные сервисы позволяют управлять роботом с помощью специальной программы. Кроме того, они позволяют использовать готовую динамическую библиотеку (dll) с реализацией контроллера для разработки приложений, управляющих роботом самостоятельно, без участия человека. Такие программы могут применяться для обучения робота выполнению различных задач, постановке экспериментов, связанных с роботами, для разработки и отладки интеллектуальных алгоритмов управления.

Пакет состоит из следующих программных средств:

Сервис команд, установленный на бортовом компьютере робота, принимающий команды по локальной беспроводной сети и обеспечивающий взаимодействие с контроллером.

Видеосервис, опрашивающий видеокамеру и передающий изображение с нее по запросу в беспроводную локальную сеть.

Библиотека контроллера, устанавливаемая на удаленный компьютер и переводящая протоколы сетевого взаимодействия в интерфейсы языка программирования высокого уровня (C#)

Управляющая программа, использующая библиотеку контроллера, позволяющая пользователю управлять роботом с клавиатуры и выводящая полученное роботом изображение на экран.

Сервис команд предназначен для работы с контроллером сервоприводов ZXSERVO-16. Все программы устанавливаются на операционную систему Windows 2000 и выше. Для соединения используется беспроводная локальная сеть WiFi, настроенная в режиме ad-hoc, и протокол TCP/IP для открытия сокетных соединений. Для запуска управляющей программы и использования библиотеки контроллера необходима установленная библиотека Microsoft .NET Framework версии 1.1.

Принципиальная схема взаимодействия устройств

Архитектура электронных устройств

Принципиальная схема взаимосвязей основных компонентов робота изображена на рис. 1.

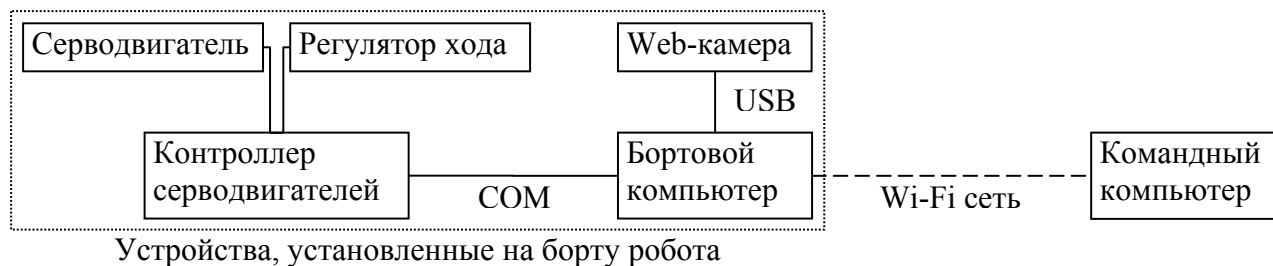


Рис. 1. Схема взаимосвязей основных компонентов робота

Серводвигатели

Серводвигатель – это любой электрический двигатель, скорость или положение которого управляется с помощью замкнутого контура обратной связи. Серводвигатели бывают нескольких стандартных размеров с большим диапазоном рабочих параметров. Определенным преимуществом использования таких серводвигателей является то, что из-за применения их в любительских подвижных механизмах они относятся к продукции массового производства, а значит, стоят относительно недорого. Такие серводвигатели имеют трехконтактный разъем, по двум подается питание, а по третьему входной сигнал.

Первоначально эти устройства были разработаны для корректировки поверхностей управления моделей самолетов во время полета.

Управляющий интерфейс должен был быть простым и надежным, при этом управление несколькими элементами должно было происходить одновременно с помощью простых радио сигналов. Время жизни аккумулятора и затраты на производство тоже являлись важным критерием.

Так как в большинстве случаев для корректировки в полете нужны только небольшие изменения положения, диапазон вращения серводвигателей был ограничен 90 градусами. Эти вращения часто переводились в линейные движения - перемещение закрылок (вверх и вниз), поднятие и опускание шасси и т.д. Редукционная передача давала возможность относительно небольшому двигателю на коротком расстоянии производить большой крутящий момент.

Управляющий входной сигнал серводвигателя представляет собой последовательность квадратных импульсов длиной от 1 мс до 2 мс, частота повторения которых лежит в диапазоне от 20 Гц до 60 Гц. Положение выходного вала пропорционально ширине входного импульса - это управление с Широтно-Импульсной Модуляцией(ШИМ).

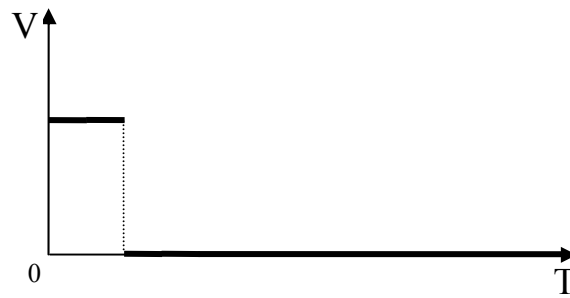


Рисунок 2. Импульс 1 мс

Импульс длительностью 1 мс поворачивает выходной вал вправо, то есть по часовой стрелке.

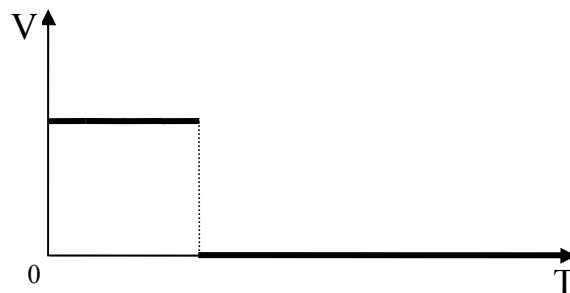


Рисунок 3. Импульс 2 мс

Импульс длительностью 2 мс поворачивает выходной вал влево, то есть против часовой стрелки.

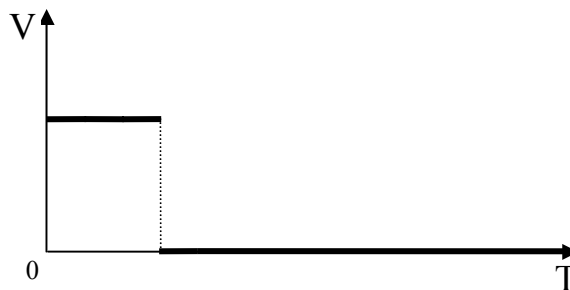


Рисунок 4. Импульс 1,5 мс

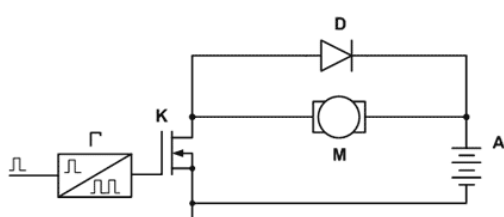
Импульс длительностью 1,5 мс поворачивает выходной вал к центру его вращения.

Регулятор хода

Регулятор хода используется для регулирования количества оборотов на силовом двигателе, который обеспечивает движения вперед и назад. Он включается между аккумулятором и силовым электродвигателем.

Регулятор имеет такой же трехконтактный разъем, как и у серводвигателя, и такой же входной сигнал управления ШИМ. В простейшем случае в задачу регулятора входит регулирование потока мощности от аккумулятора к двигателю. При длительности входного импульса 1 мс - двигатель выключен, при 2 мс - двигатель развивает максимальную мощность. В промежутке мощность плавно изменяется.

Вот типовая структурная схема включения:



Г - управляющий генератор;
К - силовой ключ;
D - диод;
М - электродвигатель;
А - аккумулятор.

Рисунок 5. Схема регулятора хода

Входной импульс поступает на управляемый генератор импульсов Г. Частота импульсов постоянна, а вот их длительность зависит от длительности входного импульса следующим образом:

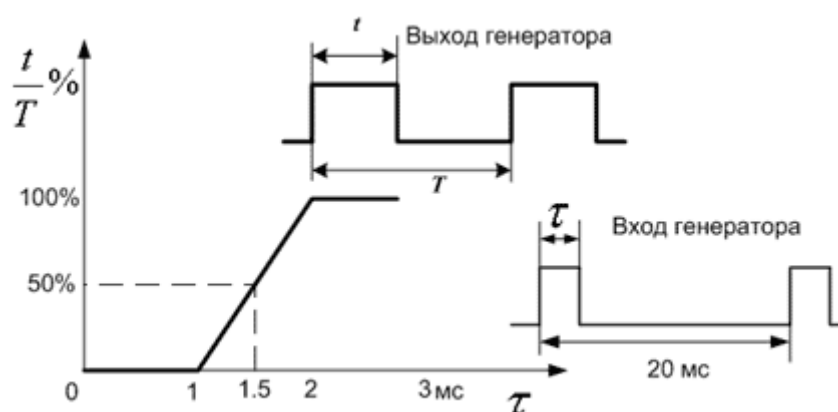


Рисунок 6. Зависимость входного и выходного импульсов в регуляторе хода

При длительности выходного импульса 0% - на выходе генератора их просто нет - там низкий уровень управляющего ключом сигнала. Ключ К - закрыт, ток через двигатель М не течет.

При длительности выходного импульса 100% от периода на выходе генератора тоже импульсов нет, но уровень управляющего ключом сигнала высокий. Ключ К - открыт и все напряжение от аккумулятора А приложено к двигателю М. Он развивает при этом максимальную мощность.

При промежуточном значении длительности канального импульса на выходе генератора присутствуют импульсы длительностью, определяемой по выше приведенному графику. Скажем, при канальном импульсе 1,5 мс на выходе генератора присутствуют импульсы, длительность которых составляет половину периода. Соответственно, ключ К половину периода открыт, половину - закрыт. Напряжение в точке 1 повторяет эту форму. Данная организация работы регулятора хода и устройство коллекторного двигателя позволяет организовать плавное изменение скорости вращения двигателя. При этом двигатель будет крутиться с постоянной скоростью, без подергиваний, на всех скоростях.

Регуляторы хода также являются продукцией массового производства и стоят относительно недорого. Разные модели регуляторов немного отличаются, и поэтому на управляющей аппаратуре требуется небольшая калибровка.

Контроллер сервоприводов

Контроллер сервоприводов – это микроконтроллер с прошитым программным обеспечением. Он генерирует сигналы ШИМ для серводвигателей и регуляторов хода согласно спецификации. Существует несколько контроллеров в продаже, которые способны выполнять такую деятельность. Они принимают сигнал на СОМ порт и вырабатывают соответствующие сигналы для механики. Но у них всех различные протоколы общения через СОМ порт, что привязывает конечную архитектуру к конкретной модели сервоконтроллера.

В нашем случае используется контроллер ZX-SERVO16. На начальной стадии этот контроллер удовлетворяет потребностям. Но для более свободной архитектуры нужно использовать контроллеры с собственной прошивкой, так как это позволяет нам расширять и изменять функционал контроллера.

Задача программирования контроллера для управления сервоприводами является наглядной, что может быть использовано для увеличения эффективности обучающего процесса. Программирование контроллера происходит на низкоуровневом языке, что демонстрирует различные архитектуры.

Web-камера

Web-камера используется для снятия изображения с борта машины. В случае ручного управления видео передается в полном объеме. При использовании автоматических систем управления видео передается частично, что позволяет сэкономить трафик. В простом варианте центр изображения цветной, а края черно-белые. Задача о фильтрации изображения имеет определенный интерес. Необходимо выяснить какая часть изображения, в какой цветовой палитре и как часто должна отсылаться. Для решения этой задачи используются нейронные сети и генетические алгоритмы.

Бортовой компьютер

На борту робота установлен компьютер архитектуры x86. Эта распространенная архитектура, что облегчает работу с ней. Для нее существует большое количество инструментов программирования и периферийных устройств. Это позволяет с минимальными затратами проводить расширение и изменение архитектуры робота. Бортовой компьютер использует две операционные системы: Windows и Linux.

Первая операционная систем более популярна и универсальна для рядовых пользователей, что позволяет с легкостью осваивать робота, но ее через функциональность и закрытость вызывает ряд проблем связанных с производительностью и расширением. В целом Windows используется для "обкатки" программ. В свою очередь Linux открытая операционная система, но начальной стадии работы с ней возникают проблемы. Linux имеет разнообразные дистрибутивы, что позволяет собрать систему с максимальной производительностью. Кроме того Linux используется на встраиваемых системах, отличные от архитектуры x86, что уменьшит затраты в случае формирования решения, основанное на дешевых системах.

Бортовой компьютер предполагает расширение робота, что влечет за собой использование множества различных устройств, поэтому необходим легко расширяемый протокол общения. Все данные от бортового компьютера к командному с помощью одного TCP/IP соединения. Формат данных от командного к бортовому и от бортового к командному компьютеру одинаковы. Пакеты имеют следующий формат:

ID уст-ва	Длина пакета	Данные устройства
1 байт	1 байт	не более 253 байт

Командный компьютер

Модель робота снабжена рулевым сервоприводом и регулятором хода силового двигателя. Оба устройства подключены к контроллеру ZX-SERVO16. Этот контроллер получает сигналы от материнской платы бортового компьютера через COM-интерфейс, и выполняет управление сервоприводом и регулятором хода. Также к материнской плате бортового компьютера подключена Web-камера через шину USB. Наконец, бортовой компьютер снабжен Wi-Fi адаптером для связи с другими компьютерами по беспроводной сети.

Преимуществом такой организации является расширяемость модели. Так, контроллер ZX-SERVO16 позволяет осуществлять управление 16 сервоприводами. Соответственно, в случае расширения модели робота дополнительными манипуляторами (экскаваторный ковш, крановая установка, система управления Web-камерой) необходимые сервоприводы могут быть подключены к имеющемуся контроллеру. Также существуют специальные контроллеры для оцифровки сигналов, которые позволяют преобразовывать аналоговые данные в цифровые и передают их по COM-интерфейсу. Соответственно, робот может быть снабжен датчиками ускорения, лазерными дальномерами, гироскопами и другими устройствами. Также преимуществом данной модели является использование стандартных устройств и интерфейсов. Соответственно, для

расширения модели не требуется пайка или аппаратное программирование микросхем.

Установка программного обеспечения бортового компьютера

Для установки сервиса команд необходимо скопировать содержимое папки «Сервис команд» в произвольную директорию бортового компьютера. После этого, необходимо выполнить настройку программы с помощью конфиг-файла.

Для установки видеосервиса необходимо скопировать содержимое папки «Видеосервис» в произвольную директорию бортового компьютера и настроить ее с помощью конфиг-файла.

Обе программы должны быть запущены на машине, чтобы управление работало. Необходимо добавить их в реестр, в раздел автозагрузки, либо в папку «автозагрузка», чтобы программы всегда запускались при запуске операционной системы.

Программы открывают сокетное соединение на портах. Настройки, разрешающие эти соединения, должны быть внесены в сетевой экран и антивирусное программное обеспечение.

Сервис контроллера сервоприводов.

Эта программа является связующим звеном между оператором и контроллером сервоприводов. При запуске она отрывает серверный сокет и принимает входящие соединения. Управляющим является тот пользователь, который первый соединился, остальные ждут пока тот не закроет соединение и право управления переходит к следующему в очереди. После того как управляющий пользователь разрывает соединение, у робота на управляемых механических элементах выставляются значения по умолчанию.

После создания соединения сервис начинает считывать команды из входящего сетевого потока в текстовом формате. Команды имеют следующий формат: « X Y », где X – это не отрицательное целое число, отвечающие за управляемый элемент (0 – силовой двигатель, 1 – рулевой сервопривод), Y – это вещественное число находящиеся в отрезке [0,1], отвечающие за выставляемое значение для управляемого элемента. Значение 0,5 соответствует нейтральному положению(для силового двигателя робот не едет, а для рулевого сервопривода колеса направлены прямо). В сущности управляющие значение линейно преобразуется, согласно параметрам содержащихся в конфигурационном файле, в формат команд, принимаемым контроллером сервоприводами через

последовательное соединение RS-232. Для каждого управляемого элемента конфигурационный файл содержит: минимальное, максимальное значение и значение по умолчанию, в единицах принимаемых контроллером. Помимо этого файл содержит номер COM порта, к которому подсоединен контроллер, и IP адрес робота в сети.

Контроллер сервоприводов «ZX-SERVO16» принимает команды в формате:

“!SC” C R pw.LOWBYTE, pw.HIGHBYTE, \$0D , где

“!SC” – заголовок команды,

C – бинарное число от 0 до 15, отвечающие за управляемый элемент

R – бинарное число от 0 до 63, отвечающие за время выполнение команды. В случае нуля сервопривод примет заданное значение так быстро, на сколько позволяет механика, в случае же 63 контроллер плавно переведет его в заданное значение в течение 0,75 секунды. В случае использования других значений время выполнения пропорционально изменяется.

pw – 16 битное бинарное число, отвечающие за состояние в которое должен перейти управляемый элемент

\$0D – терминатор команды.

Сервис Web-камеры.

Эта программа отвечает за предоставления видеоданных с борта робота. Она снимает информацию с веб-камеры и передает соответствующий JPG-файл по сети через сокетное соединение в ответ на запрос. Для этого сервиса так же существует конфигурационный файл, в котором сохранены такие параметры как качество снимка и период между снимками.

Установка программного обеспечения удаленного компьютера

Установить на удаленный компьютер Microsoft .Net Framework версии 1.1. После этого скопируйте содержимое папки «Программа управления» в любое место на диске. После этого запустите программу RobotTest. Программа управляет роботом с помощью клавиш «вправо», «влево», «вверх» и «вниз».

В библиотеке DCIMAP.Robotics.dll определен класс NetworkController, который представляет собой интерфейс автомобиля, управляемого через сеть. Для использования функциональности этого контроллера используйте методы SetWheel(), SetSpeed() и GetImage().