

ОТРАБОТКА МЕТОДОВ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ШАГАЮЩЕГО РОБОТА «ОРТОНОГ»

***Е.С. Брискин**, *В.В. Чернышев**, *А.В. Малолетов**,
*Н.Г. Шаронов**, *В.А. Серов***, *К.Б. Мироненко***,
*С.А. Устинов*****

**Волгоградский государственный технический университет,*

*** ОАО «ЦКБ «Титан»*

Россия, г. Волгоград,

dtm@vstu.ru,

Аннотация

Обсуждаются результаты полевых исследований по отработке методов удаленного управления движением шагающего робота «Ортоног» через сеть Интернет, в условиях неполноты и ограниченной достоверности получаемой информации.

Ключевые слова: механика шагающих роботов, динамика управляемого движения, удаленное управление, математическое моделирование, натурный эксперимент.

DEVELOPMENT OF METHODS OF REMOTE CONTROL THE MOVEMENT OF THE WALKING ROBOT «ORTONOG»

***E.S. Briskin**, *V.V. Chernyshev**, *A.V. Maloletov**,
*N.G. Sharonov**, *V.A. Serov***, *K.B. Mironenko***, *S.A. Ystinov*****

** Volgograd State Technical University,*

*** JSC «CKB «Titan»*

Russia, Volgograd,

dtm@vstu.ru,

Abstract

The results of field researches on development of the remote control the movement methods of the walking robot «Ortonog» through the Internet network, incomplete and limited reliability of the obtained information, are discussed.

Key words: mechanics of robots, dynamics of controlled motion, remote control, mathematical modeling, field experiment.

Актуальность работы

При движении в сложных условиях шагающие машины могут быть более эффективными в сравнении с традиционными колесными и гусеничными машинами. Разработки шагающих машин ведутся во всех развитых странах. В частности, уже известны шагающие машины для транспортно-технологических операций в экстремальных условиях [1, 2]. Возможно использование мобильных роботов с шагающими движителями в военных целях [3]. Проводятся исследования по созданию шагающих роботов для исследования поверхности планет [4, 5]. Для таких машин присутствие оператора на борту зачастую либо невозможно, либо нежелательно. В работе обсуждаются результаты теоретических и экспериментальных исследований по отработке методов удаленного управления движением шагающего робота «Ортоног».

Основные проблемы и решения

Шагающий робот «Ортоног» [6] разработан в ВолгГТУ совместно с ОАО «ЦКБ Титан». Это робот адаптивного типа с 20-ю управляемыми приводами. Робот создан для исследования возможностей программного обеспечения к самостоятельной адаптации. Конструктивно «Ортоног» (рис. 1) выполнен в виде рамы, по углам которой размещены сдвоенные ортогонально-поворотные движители. Каждый движитель содержит по два механизма вертикальных и горизонтальных перемещений, механизм поворота и две пары направляющих. Механизмы вертикальных перемещений снабжены шариковыми втулками, установленными на горизонтальных направляющих, и связаны тягами с механизмами горизонтальных перемещений.



Рис. 1. Шагающий робот «Ортоног»

Направляющие и механизмы горизонтальных перемещений находятся на поворотной части механизма поворота. Механизмы поворота закреплены на раме. Механизм вертикальных перемещений имеет выдвинутой шток с тарелью, служащей опорой движителя. Привод штока осуществляется от электроцилиндра GSM 30-1802 с ходом 455 мм. Привод горизонтальных перемещений — от электроцилиндра GSM 30-1805. Привод механизма поворота — серводвигатель SLG 090-100 со встроенным редуктором, обеспечивающим поворот ног в диапазоне $\pm 90^\circ$. Приводы снабжены датчиками обратной связи и электрическими тормозами. На раме также расположены бензогенератор, электрооборудование и кресло оператора.

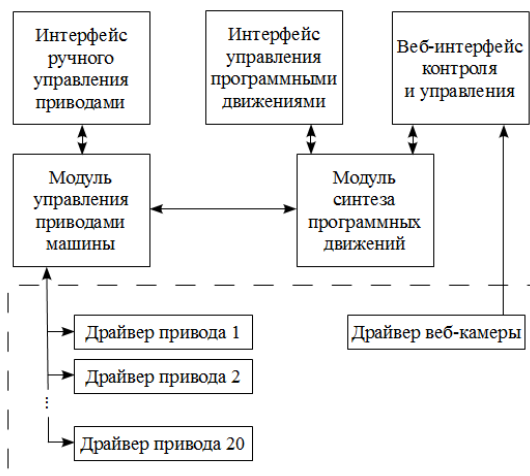


Рис. 2. Принципиальная схема программной системы управления робота «Ортоног»

Опыт управления роботом в условиях сложной местности показал, что оператор не может эффективно управлять всеми ногами одновременно. Поэтому, при управлении использовался следующий подход. Оператор контролирует автономное движение машины по визуальной информации, поступающей с бортовых видеосенсоров и вмешивается в управление лишь при необходимости, например, при преодолении препятствий. Оператор находится вне рабочего пространства. Задача управления движением решается без его участия бортовым компьютером. При этом не ставится задача выделения алгоритмами обработки изображений полезной информации в сигналах видеосенсоров для определения характеристик рабочего пространства. Внешние условия задаются как функции положения стоп, по току в приводах

перемещений, также использовались датчики углов наклона корпуса (крен и тангаж). Система управления не позволяет достоверно определять тип и расположение препятствия — движение осуществляется в условиях некоторой неопределенности и возможны различного рода сбои в управлении, при которых управление передается оператору машины.

Принципиальная схема программной системы, обеспечивающей управление, робота «Ортоног» приведена на рис. 2. Стрелками показаны направления передачи данных. Пунктирной линией выделены те компоненты программной системы, которые должны функционировать на компьютерах, физически расположенных на машине. Приводы шагающих движителей представляют собой мехатронные модули, включающие в себя приводной электродвигатель, роliko-винтовую передачу, датчики положения и нагрузки, цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи, управляющий микроконтроллер. Микроконтроллер привода функционирует под управлением драйвера, который осуществляет как непосредственное управление работой приводных двигателей, так и сбор и первичную обработку информации, поступающей с датчиков.

Программный модуль управления приводами машины осуществляет расчёт требуемых положений, скоростей и ускорений всех приводов в каждый момент времени. Управляющие сигналы модуль получает либо от интерфейса ручного управления приводами, либо от модуля синтеза программных движений. Полученные требуемые значения положений, скоростей и ускорений передаются в драйверы приводов, которые в ответ возвращают сигналы с датчиков положений (текущие положения приводов) и нагрузки, формируя, таким образом, обратную связь. Модуль управления приводами функционирует на компьютере, который физически может находиться как на борту машины, так и вне машины. Связь между этим компьютером и микроконтроллерами приводов осуществляется по протоколу RS-485 или по Ethernet.

Интерфейс ручного управления приводами представляет собой программу, в которой водитель-оператор машины может задать и проконтролировать положение каждого привода. Поскольку одновременное эффективное управление 20-ю приводами даже для опытного оператора крайне затруднительно, интерфейс ручного управления приводами не предназначен для активного использования во время выполнения машиной каких-либо работ, а служит лишь средством контроля во время отладки программ и на случай аварии или сбоя в управлении.

В штатных режимах работы машины программные законы движения шагающих механизмов синтезируются на основе требуемого движения корпуса и внешних условий. Например, в маршевом режиме

движения водитель-оператор задаёт направление и скорость движения корпуса машины, а система управления автоматически вычисляет как должна двигаться каждая нога машины, как в зависимости от неровностей опорной поверхности и ее физического состояния должна опускаться на грунт каждая из стоп, и так далее.

Модуль синтеза программных движений (рис. 3) в качестве исходных данных от модуля управления приводами получает информацию с датчиков и технические ограничения в работе приводов, а от интерфейсов управления — требуемые параметры движения корпуса машины. Рассчитанные законы программного движения приводов передаются модулю управления приводами. А информация с датчиков передаётся в интерфейсы управления для их визуального контроля оператором шагающей машины.

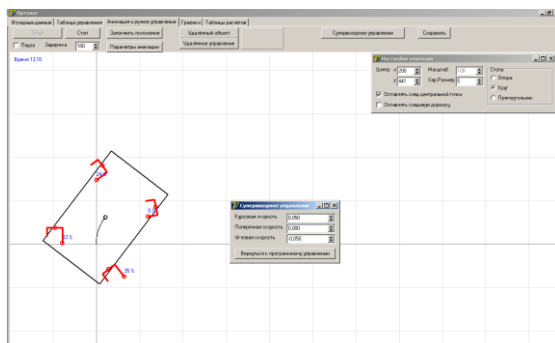


Рис. 3. Интерфейс модуля синтеза программных движений

Интерфейсы управления движением выполнены в виде программы (рис. 4), которая может работать на компьютере вместе с модулем синтеза программных движений, и в виде интернет-сайта (рис. 5), с помощью которого можно осуществлять управление машиной в обычном браузере. Для визуального контроля за состоянием машины при управлении через Интернет кроме информации от датчиков отображается анимация программного движения машины и видеоряд, который транслирует одна или несколько веб-камер, установленных на машине. Взаимодействие между интернет-сайтом, веб-камерой, модулями управления привода и синтеза законов движения осуществляется по ТСР/ІР протоколу. Хотя оба модуля и интерфейсы к ним допустимо запускать и на одном компьютере, использование ТСР/ІР позволяет реализовать удалённую систему управления машиной. Для управления через сеть Internet используется беспроводное подключение 3G. Особенности удалённого управления являются значительные задержки по времени в передаче сигналов, возможно невысокая скорость соеди-

нения и высокая вероятность временного отсутствия связи. Для снижения негативного влияния этих особенностей программное обеспечение предусматривает снижение количества передаваемой информации вплоть до передачи только управляющих сигналов, без информации датчиков, анимации и изображений с веб-камеры.

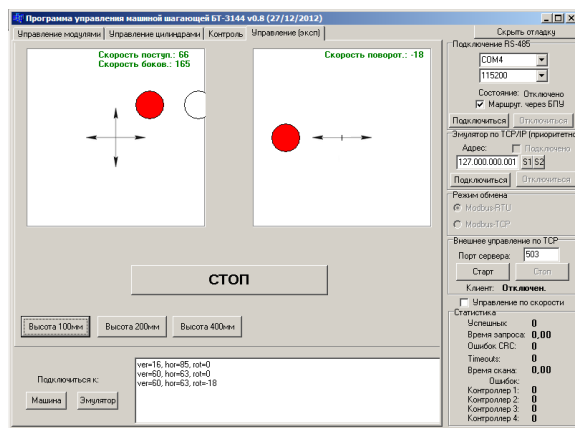


Рис. 4. Интерфейс локальной версии программы управления движением робота «Ортоног»

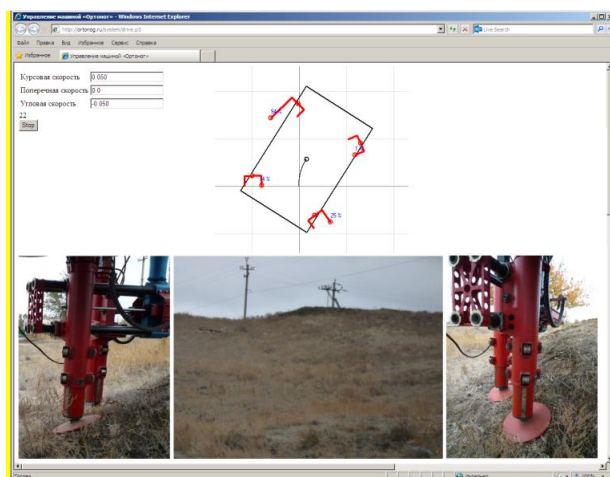


Рис. 5. Интерфейс сетевой версии программы управления движением робота «Ортоног»

При разработке системы согласованного управления ногами использовались методы управления, основанные на нечетком представ-

лении информации и нечеткой логике. Подобные методы позволяют управлять робототехническими системами в реальном времени, используя опыт эксперта-оператора, априори заложенный в систему в форме функций принадлежности и правил нечеткого вывода [7]. Однако при эксплуатации робота в неизвестной заранее обстановке, априорные знания могут оказаться неадекватны реальным условиям.

Для отработки методов удаленного управления движением шагающих машин в рамках проекта РФФИ были проведены полевые испытания шагающего робота «Ортоног». В условиях реальной неорганизованной местности был смоделирован ряд наиболее типичных ситуаций возникающих при движении. Управление движением осуществлялось через сеть Интернет. Оператор машины находился в ВолгГТУ, а шагающий робот в Городищенском районе Волгоградской области. Управление проводилось в условиях неполноты и ограниченной достоверности получаемой информации — сенсорные возможности «Ортонога» пока существенно ограничены, а также в условиях достаточно большой временной задержки в канале обратной связи.

Испытания показали, что в маршевых режимах движения шагающий робот «Ортоног» может двигаться самостоятельно. При специальном маневрировании (при преодолении препятствий) пока, как правило, требуется вмешательство оператора. Автономно реализуются лишь такие режимы как экстренная остановка при встрече с препятствием (рис. 6) с последующими гностическими движениями ног с целью определения его характеристик, управление положением корпуса при преодолении уклонов и некоторые другие режимы.

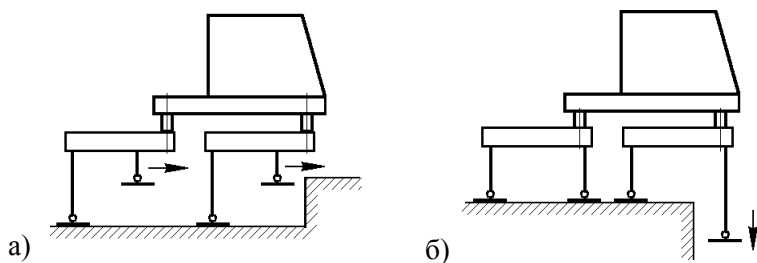


Рис. 6. Пример ситуаций требующих экстренной остановки шагающего робота: нога при переносе уперлась в выступающее препятствие (а), нога при полностью выдвинутом штоке привода вертикальных перемещений не достигла опорной поверхности (б)

Выводы

Таким образом, проведенные полевые испытания подтвердили,

что удаленное управление движением шагающих роботов адаптивного типа с большим числом управляемых приводов можно организовать даже в условиях неполноты и ограниченной достоверности получаемой сенсорной информации и при большой временной задержки в канале обратной связи. Полученные результаты могут быть использованы при разработке мобильных роботов с шагающими движителями для работы в экстремальных условиях, когда присутствие оператора на борту машины либо невозможно, либо нежелательно. Также возможно их использование в учебном процессе — на базе единственного образца шагающего робота можно организовать удаленные лабораторные работы для ряда вузов страны.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 11-08-00955-а, 13-08-10000-к и № 13-08-31375-мол_а.

Список литературы

1. Брискин Е.С., Жога В.В., Чернышев В.В., Малолетов А.В. Динамика и управление движением шагающих машин с цикловыми движителями: монография; под ред. Е.С. Брискина. – М.: Машиностроение, 2009. – 191 с.
2. Чернышев В.В. Опыт использования шагающей машины для ликвидации аварийного разлива нефти Чернышев В.В. // Безопасность жизнедеятельности. – 2003. - №5. – С. 28-30.
3. Bostondynamics.com: Официальный сайт компании Boston dynamics. – Режим доступа: http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html, свободный. – Загл. с экрана.
4. Планетоходы / под ред. А.Л. Кемурджиана. – М.: Машиностроение, – 1993. – 400 с.
5. Брискин Е.С., Чернышев В.В. Динамика шагающих машин с движителями на базе цикловых механизмов при ослабленной гравитации // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2006. - №1. – С. 15-20.
6. Шурыгин В.А., Серов В.А., Шаронов Н.Г. Моделирование движения шагающей машины с ортогонально-поворотными движителями // Изв. ВолгГТУ. – 2011. – № 9. – С. 41-44.
10. Ющенко А.С., Киселев Д.В. Ситуационный подход к организации поведения мобильного робота в условиях неопределенности // Мехатроника. / М, 2000. – № 5. – С. 10-15.