



ОТРАДНОВ

Константин Константинович
старший преподаватель
кафедры
«Автоматизированные
системы управления
и информационные
технологии»
(Московский
государственный
университет информатики
и приборостроения)
e-mail: profotr@gmail.com

Построение интеллектуального программного обеспечения для управления двуногим шагающим роботом с поступательными кинематическими парами в суставах ног

К.К. Отраднов

Рассмотрен процесс построения интеллектуального программного обеспечения в задаче управления роботом и методика, с помощью которой создается система интеллектуального управления двуногого шагающего робота с поступательными кинематическими парами в суставах ног. Описан ряд аспектов взаимодействия программного обеспечения с информационными и исполнительными механизмами робота посредством виртуальных приводов.

Ключевые слова: интеллектуальное программное обеспечение, двуногий шагающий робот с поступательными кинематическими парами в суставах ног, интеллектуальное управление, система интеллектуального управления, виртуальный привод.

Development of intelligent software to control the bipedal robot with sliding kinematic pairs into legs joints

К.К. Otradnov

The process of intelligent software development for the robot control as well as the technique to create the intelligent control system for the bipedal robot with sliding kinematic pairs into legs joints is considered. A number of aspects of interaction between software and information mechanisms and actuating devices using virtual sensors and virtual drives is described.

Keywords: intelligent software, bipedal robot with sliding kinematic pairs into legs joints, intelligent control, intelligent control system, virtual drive.

Двуногий шагающий робот (ДШР) с поступательными кинематическими парами в суставах ног конструктивно представлен в виде двух частей: опорно-двигательного аппарата (ОДА) и корпуса с руками. Локомоторная деятельность ДШР осуществляется ОДА, который состоит из двух ног, представляющих собой соединение в поступательные кинематические пары V класса голени и бедра, бедра и таза (рис. 1).

Формирование управления для такой системы представляет нетривиальную задачу даже в случае рассмотрения предельно простой, но неизвестной заранее внешней среды — сказывается фактор ее неопределенности, поэтому успешное функционирование такого рода систем возможно только при наличии системы управления, относящейся к классу интеллектуальных [1].

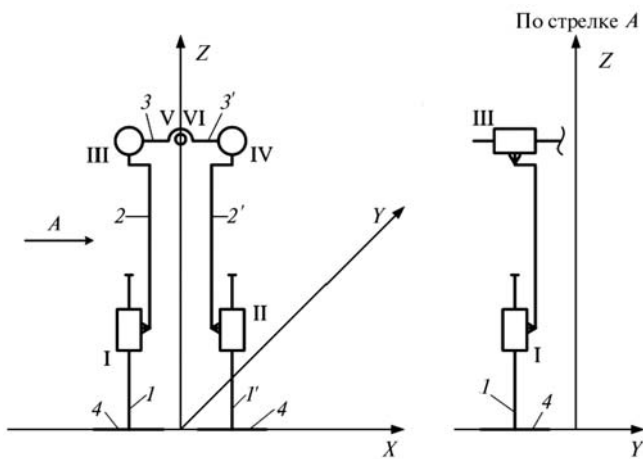


Рис. 1. Схема ОДА ДШР:

1—1' — голень; 2—2' — бедро; 3—3' — таз;
4—4' — стопа

Однако в настоящее время ситуация в данной области такова, что не проработана единая методология построения интеллектуального программного обеспечения для заданных классов роботов, которая бы позволяла использовать всю совокупность разработанных ранее методов и средств создания и развития интеллектуальных робототехнических систем.

В этой связи автором данной статьи разработана методика, с помощью которой создается система интеллектуального управления ДШР. В ее основу положены концепции системного и объектного подходов, а также моделирования систем.

Разработанная методика построения интеллектуального программного обеспечения ДШР включает следующие этапы:

- выполняется объектный анализ ДШР с выделением управляющих объектов (УО) и объектов, представляющих знания (ОПЗ). ОПЗ — особым образом организованные знания, причем не только фактологические, но и операционные;
- устанавливаются информационные потоки между различными УО. Здесь управляющими воздействиями являются не двоичные сигналы, а весьма сложные совокупности различных переменных;
- задается возможная информация в виде ОПЗ, которая будет передаваться от одного УО к другому. При этом те действия, которые выполняет УО, определяются как поступающими на его вход ОПЗ, так и другими УО, посылающими эти ОПЗ.

Простоту и наглядность диаграмм управления ДШР минимальной функциональности демонстрируют рис. 2—4 (представлены упрощенные диаграммы). На основе данных диаграмм осуществляется непосредственное написание или генерация программного кода. Такая методика открывает возможности создания средств автоматизации проектирования программ интеллектуального управления, их стандартизации и документирования, написания соответствующих библиотек классов для повторного использования кода и пр.

Следует обратить внимание на такие элементы проектируемой программной системы, как виртуальные приводы [2]. Они являются инструментом, с помощью которого решается задача взаимодействия программного обеспечения с информационными и исполнительными механизмами робота.

Для управления движением ДШР и построения соответствующих виртуальных приводов

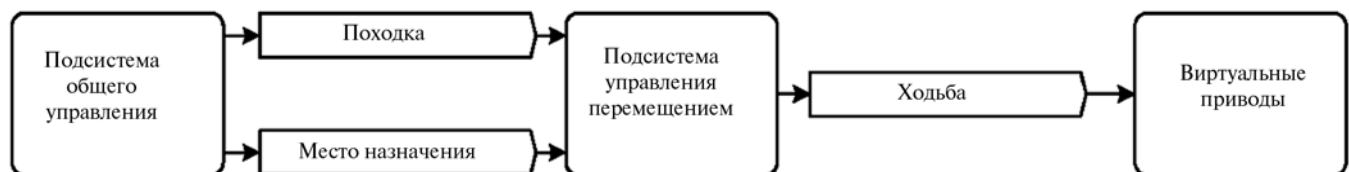


Рис. 2. Интеллектуальная система управления ДШР при движении по ровной поверхности

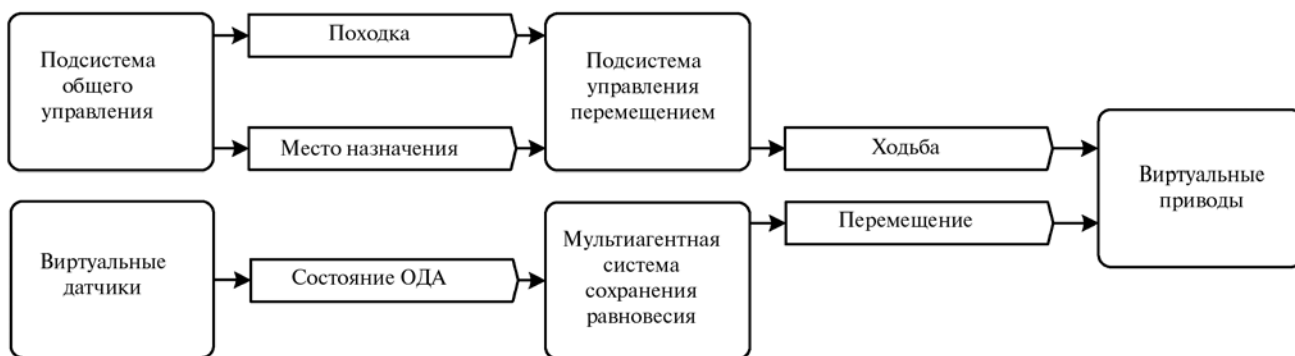


Рис. 3. Интеллектуальная система управления ДШР, дополненная мультиагентной системой сохранения равновесия

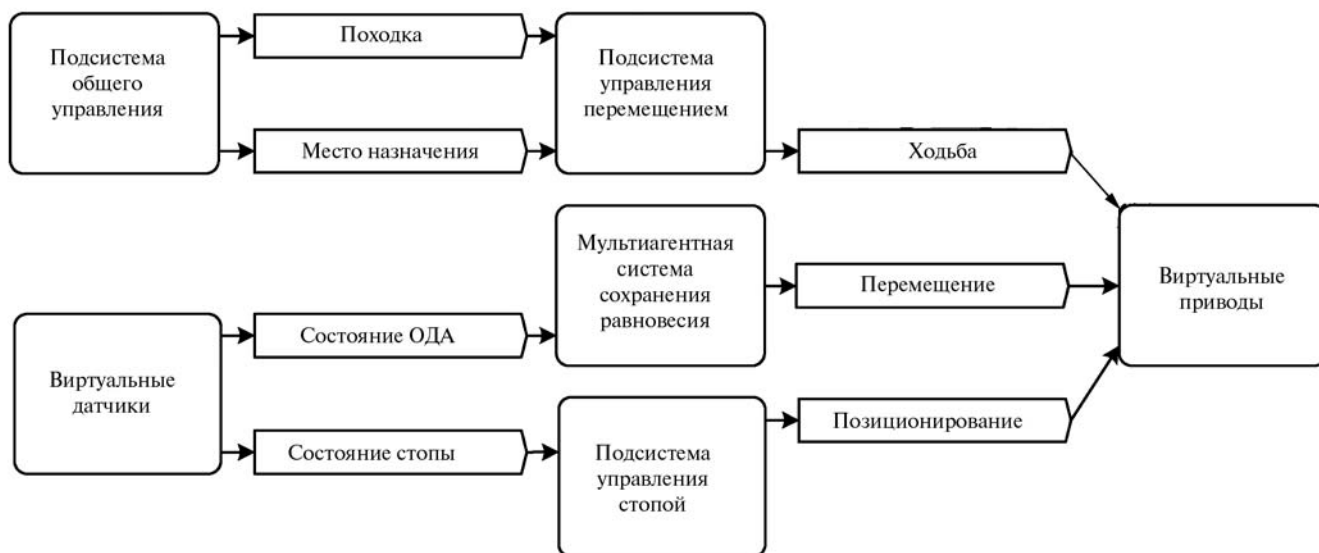


Рис. 4. Интеллектуальная система управления ДШР с управляемой стопой

необходимо рассмотреть задачу стабилизации ходьбы во время перемещения вдоль оси y (см. рис. 1) при угловой стабилизации корпуса: $\alpha = 0$ [3].

В начале i -го шага состояние ОДА определяется следующими значениями:

$$z_0 = 0; \dot{z}_0 = 0; y_0 = 0; \dot{y}_0 = 0; \alpha_0 = 0; \dot{\alpha}_0 = 0 \quad (\dot{y} = V).$$

При поднимании правой голени и перемещении бедра имеем $z_k = h$, $\dot{z}_k = \dot{z}(t)$, закон изменения $\dot{z}(t)$ выражается следующими зависимостями:

- при подъеме

$$\dot{z}(t) = 2\pi \frac{h}{T_1} \left(1 - \cos \left(2\pi \frac{t_i}{T_1} \right) \right); \quad (1)$$

- при опускании

$$\dot{z}(t) = -2\pi \frac{h}{T_1} \left(1 - \cos \left(2\pi \frac{t_i}{T_1} \right) \right); \quad (2)$$

где $T_1 = \frac{T}{8}$.

За время $T_2 = 2(T_1 - T^*)$ бедро перемещается на величину $\frac{S}{2}$, а закон изменения $\dot{y}(t)$ выражается зависимостью

$$\dot{y}(t) = 2\pi \frac{y}{T_2} \left(1 - \cos \left(2\pi \frac{t_i}{T_2} \right) \right). \quad (3)$$

В конце движения голень опускается, а бедро перемещается на величину $\frac{S}{2}$. Для левой ноги и для последующего движения ног имеем следующие соотношения:

$$\dot{z} = 2\pi \frac{h}{T_3} \left(1 - \cos \left(2\pi \frac{t_i}{T_3} \right) \right), \quad (4)$$

где $T_3 = \frac{T}{4}$;

$$\dot{y} = 2\pi \frac{S}{T_4} \left(1 - \cos \left(2\pi \frac{t_i}{T_4} \right) \right), \quad (5)$$

где $T_4 = \frac{T}{2} - 2T^*$.

Законы изменения $\dot{z}(t)$ и $\dot{y}(t)$ для движения каждой ноги при подъеме голени на h и ее опускании за время $\frac{T}{2}$ и при перемещении бедра на шаг $\frac{S}{2}$ за время $\frac{T}{2} - 2T^*$ представлены на рис. 5.

Параметры S и T должны быть такими, чтобы ДШР, сделав за время $\frac{T}{2}$ i -й шаг длиной $\frac{S}{2}$, начиная с $(i+1)$ -го шага шел бы с периодически повторяющимися законами изменения $\dot{z}(t)$ и $\dot{y}(t)$ при соблюдении угловой стабилизации корпуса [4].

В качестве вывода следует отметить, что изложенная методика направлена на повышение эффективности процессов интеллектуального управления и информационного взаимодей-

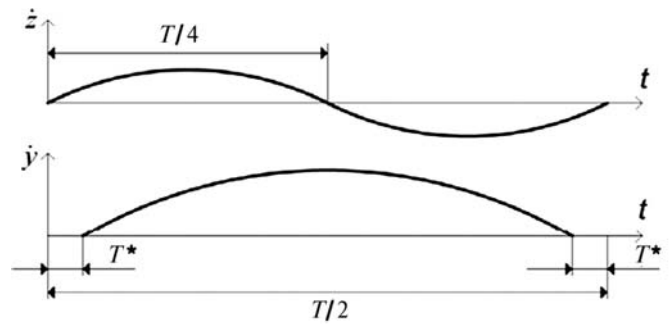


Рис. 5. Закон изменения скорости движения голени и бедра

вия и ориентирована на программирование интеллектуального программного обеспечения роботов.

Литература

1. Отраднов К.К., Фанталов Ю.И. Исследование возможности алгоритмизации управления двуногими шагающими роботами с поступательными кинематическими парами в суставах ног // Вестник молодых ученых МГУПИ. 2008. № 2. С. 72–79.
2. Голубятников И.В., Отраднов К.К. Сенсорная подсистема анализа информации о внешней среде // Научные труды XI Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики». М.: МГУПИ, 2008. С. 65–72.
3. Голубятников И.В., Отраднов К.К. Алгоритм формирования управляющего воздействия для опорно-двигательного аппарата двуногого шагающего робота с поступательными кинематическими парами в суставах ног // Вестник МГУПИ. 2009. № 21. С. 63–70.
4. Фанталов Ю.И., Отраднов К.К. Законы изменения кинематических параметров голени и бедра опорно-двигательного аппарата двуногого шагающего робота с поступательными кинематическими парами в суставах ног // Тр. III межвузовской научно-практической конференции «Цивилизация знаний и конкурентоспособность Российского общества». г. Александров, 2008. С. 367–371.

Статья поступила в редакцию 11.09.2012