



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-6-41-48>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 004.057.4:007.С2

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ РОБОТОВ С УЧЕТОМ ТИПА НАЗНАЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

АРХИПЕНКО С.А., ШИЛИН Л.Ю., НАВРОЦКИЙ А.А., КУЗНЕЦОВ А.П.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск Республика Беларусь)*

Поступила в редакцию 10 июня 2020

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2020

Аннотация. В настоящее время производители роботов как правило используют закрытые протоколы собственной разработки, что существенно усложняет разработку и интеграцию новых роботов и комплексов. Предлагается использование стандартной последовательности запросов и ответов между управляющим сервером и клиентом (допускается пропуск некоторых шагов). Первый и второй шаги предназначены для проверки доступности оборудования при первом включении системы или во время установки соединения. В случае успешной проверки управляющий сервер переходит к следующему шагу. Третий и четвертый шаги используются для первичного конфигурирования и настройки удаленного управления. На пятом шаге осуществляется передача цифрового управляющего сигнала от сервера управления к роботу. Сигнал передает всю необходимую информацию для управления устройством робота. В качестве ключей используются строковые поля (до 256 символов). На шестом шаге управляющий сервер получает ответ управления – структуру данных, переданных от клиента (робота) для подтверждения факта принятия данных и возврата дополнительных параметров. Для идентификации роботов предложена их классификация по типу и назначению, указаны доступные типы управления. Для детального описания робота используется вся схема инициализации. Предложенная методика предназначена для описания инфраструктурно- и платформо-независимого взаимодействия, что позволяет его использовать в различных типах робототехнических систем.

Ключевые слова: структура данных, управление, робот, блок инициализации, запрос управления, ответ управления.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Архипенко С.А., Шилин Л.Ю., Навроцкий А.А., Кузнецов А.П. Методика идентификации роботов с учетом типа назначения управления. Доклады БГУИР. 2020; 18(6): 41-48.

METHODOLOGY TO IDENTIFY ROBOTS GIVEN THE TYPE OF CONTROL DESIGNATION

SATANISLAU A. ARKHIPENKA, LEONID U. SHILIN, ANATOLY A. NAUROTSKY,
ALEKSANDR P. KUZNETSOV

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 10 June 2020

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020

Abstract. Currently, robot manufacturers usually use closed proprietary protocols, which significantly complicates the development and integration of new robots and complexes. We propose to use a standard sequence of requests and responses between the control server and the client (some steps may be skipped). The first and second steps are designed to check the availability of equipment when you first turn on the system or during connection setup. If the verification is successful, the control server proceeds to the next step. The third and fourth steps stand for initial configuration and adjustment of remote control. In the fifth step, the digital control signal is transmitted from the control server to the robot. The signal transmits all the necessary information to control the robot device. The keys are string fields (up to 256 characters). At the sixth step, the control server receives a control response - the structure of the data transmitted from the client (robot) to confirm data acceptance and return of additional parameters. To identify robots, we propose to classify them by type and designation and indicate available types of control. For a detailed description of the robot, the entire initialization scheme is used. The proposed methodology is intended to describe infrastructure and platform independent interaction, which allows it to be used in various types of robotic systems.

Keywords: data structure, control, robot, initialization block, control request, control response.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Arkhipenka S.A., Shilin L.U., Naurotsky A.A., Kuznetsov A.P. Methodology to identify robots given the type of control designation. Doklady BGUIR. 2020; 18(6): 41-48.

Введение

При разработке робототехнических комплексов часто необходима идентификация отдельных роботов. Как правило, производители промышленных роботов и комплексов используют закрытые протоколы собственной разработки, предназначенные для управления одним типом оборудования. Такой подход существенно усложняет разработку и интеграцию новых роботов и комплексов, так как:

- при разработке нового робота или комплекса необходимо одновременно разрабатывать для него протокол удаленного управления;
- при интеграции робота или комплекса в общую систему необходима разработка специального коннектора.

В данной работе предложена методика идентификации роботов, использование которой позволит упростить разработку систем удаленного управления и их интеграцию.

Алгоритм клиент-серверного взаимодействия

Предлагается использование указанной на рис. 1 последовательности запросов и ответов между управляющим сервером и клиентом (контроллером удаленного устройства). Алгоритм допускает пропуск некоторых шагов. Например, для ускорения работы статической системы в закрытом сетевом контуре можно пропустить шаги 1, 2, 3, 4.

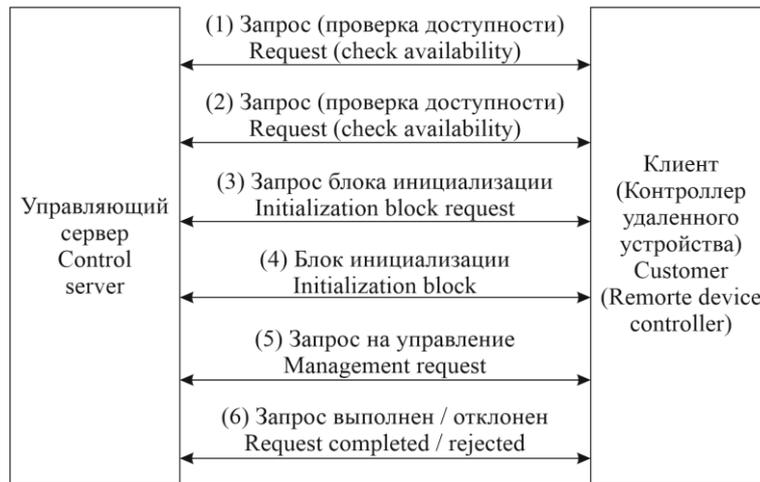


Рис. 1. Последовательность запросов и ответов между управляющим сервером и контроллером удаленного устройства

Fig. 1. The sequence of requests and responses between the control server and the controller of the remote device

Шаги 1 и 2 предназначены для проверки доступности оборудования при первом включении системы или во время установки соединения. В случае успешной проверки управляющий сервер переходит к следующему шагу, иначе выводится сообщение об ошибке и прекращается выполнение программы. Данный шаг не является обязательным (not mandatory).

Шаги 3 и 4 используются для первичного конфигурирования и настройки удаленного управления. Блок инициализации предназначен для предварительной настройки, которая включает:

- проверку типа робота;
- проверку версий устройства и протокола;
- получение информации о доступных функциях и командах;
- получение информации об устройствах робота и методах управления ими.

Блок инициализации (рис. 2) представляет собой структуру данных, описывающую управляемое устройство.

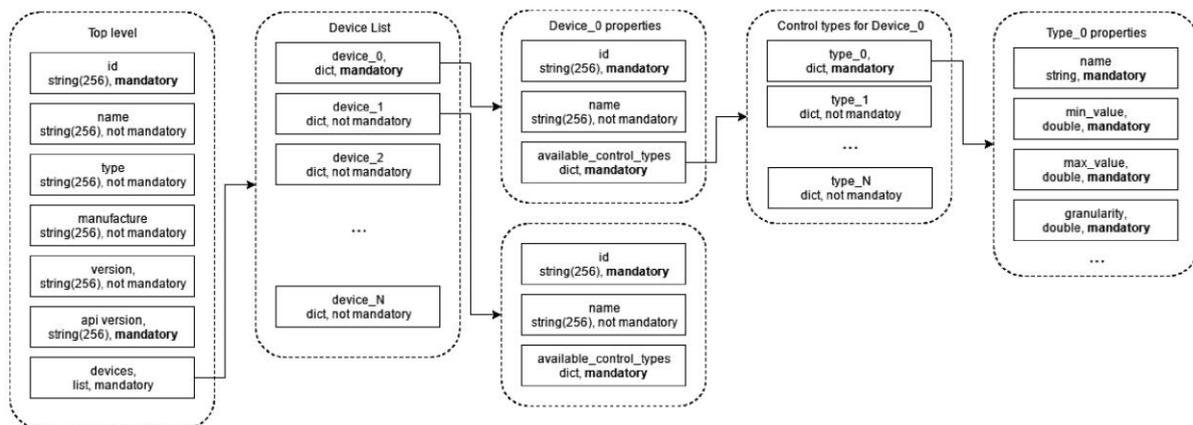


Рис. 2. Пример блока инициализации

Fig. 2. Initialization block example

На верхнем уровне (Top Level) расположены параметры, характеризующие робота:

- Id – уникальный идентификатор (до 256 символов). Обязательное значение, предназначенное для идентификации устройства;
- Name – имя робота (до 256 символов). Необязательный параметр, предназначенный для удобства работы с роботом. Имя не уникально в множестве всех роботов, но уникально в конкретной системе;

– Type – тип робота (до 256 символов). Необязательный параметр, предназначенный для указания типа робота. Список возможных значений устанавливается стандартом для конкретной версии протокола;

– Manufacture – производитель робота (до 256 символов). Содержит информацию о производителе робота;

– Version – версия робота (до 256 символов). Содержит информацию о версии робота;

– Api version – версия используемого протокола управления (до 256 символов). Обязательный параметр, содержащий номер версии протокола URRCР;

– Devices – список устройств робота. Минимальное число устройств – 1, максимальное – 32000.

Параметры, характеризующие устройства робота:

– Id – идентификатор устройства в работе (до 256 символов). Обязательный параметр, уникальный в множестве идентификаторов устройств в заданном роботе;

– Name – имя устройства (до 256 символов). Необязательный параметр, предназначенный для удобства работы с устройством робота;

– Available_control_types – доступные типы управления. Обязательный параметр. Словарь содержит ключи, название типа управления, а значение – список используемых параметров. Список типов управления должен быть стандартизирован.

Параметры типа управления уникальны для каждого устройства. Общие параметры для всех типов управления:

– Name – название типа управления;

– Min_value – минимальное значение, которое может принять устройство при заданном типе управления (число двойной точности);

– Max_value – максимальное значение, которое может принять устройство при заданном типе управления (число двойной точности);

– Granularity – минимальный шаг управляющего воздействия (число двойной точности).

На 5 шаге осуществляется передача цифрового управляющего сигнала от сервера управления к роботу. Сигнал передает всю необходимую информацию для управления устройством робота. В качестве ключей используются следующие строковые поля (до 256 символов):

– Timestamp – точное время отправки данных с сервера, для обеспечения функционирования отложенного запуска команд (используется совместно с ключом time_offset_to_start). Функция отложенного исполнения команды позволяет выполнить предварительно заданную последовательность команд на стороне робота. Для синхронизации работы нескольких роботов предлагается в качестве начальной точки задержки использовать не время получения сигнала, а время отправки сигнала с сервера. Для корректной интерпретации данных предлагается использовать протокол ntp;

– Time_offset_to_start – задержка (в миллисекундах) до начала выполнения команды;

– Device_id – идентификационная строка, указывающая устройство робота, для которого предназначен управляющий сигнал;

– Stop_condition – условие остановки выполнения команды. Используется как механизм обеспечения безопасного функционирования робота в случае аварийного разрыва связи. Например, если с сервера к роботу пришел управляющий сигнал о поддержке скорости 10 м/с, а после этого произошел обрыв связи, то робот будет продолжать поддерживать скорость 10 м/с в течение неопределенного времени. При использовании ключа stop_condition выполнение последней команды будет прекращено через указанный период времени;

– Control_type – тип управления, который должен быть использован для данного устройства. Доступные типы управления для заданного устройства указаны в схеме инициализации. Если указанный тип управления не поддерживается устройством робота, то ответ управления будет содержать информацию об ошибке, а устройство робота перейдет в состояние по умолчанию;

– Control_value – входные параметры для указанного типа управления. Некоторые типы управления могут иметь несколько входных параметров. В этом случае запрос

управления должен содержать дополнительные поля Control_value_2 ... Control_value_N, описывающее дополнительные входные параметры для указанного типа управления.

На 6-м шаге управляющий сервер получает ответ управления – структуру данных, переданных от клиента (робота) для подтверждения факта принятия данных и возврата дополнительных параметров. Ответ управления содержит следующие поля:

- Timestamp – дата и время момента передачи статуса на стороне клиента (робота). Параметр предназначен для корректировки управления с учетом задержки передачи данных и не может применяться для обеспечения синхронности передачи данных, так как данное свойство должно быть обеспечено протоколом по модели OSI;

- Device_id – идентификационная строка, указывающая устройство, которое возвращает статус;

- Status – строка, содержащая информацию о выполненной операции (например, OK, Accepted, Failed и т. д.). Если значение ключа control_type в запросе управления было равно “sensor”, то в случае успешного выполнения операции в поле статус передается текст “Provide”, а в поле status_value – значение сенсора;

- Status_value – информация о выполненной операции. В случае успешного выполнения операции в status_value помещается значение, принятое к исполнению (как правило соответствует полю control_value в запросе управления), иначе – значение None (Null). Если в control_type установлено значение “sensor”, то возвращается значение, полученное с датчика.

Типы роботов в схеме инициализации

Роботы и робототехнические комплексы могут быть классифицированы по множеству различных параметров: геометрии манипулятора, степеням свободы, источникам питания, типам движения, типам управления и т. д. Представленная в табл. 1 классификация позволяет быстро получить информацию о типе и предназначении робота. Для детального описания робота используется вся схема инициализации.

Таблица 1. Возможные значения для поля “Type” на верхнем уровне схемы инициализации
Table 1. Possible values for the “Type” field at the top level of the initialization scheme

№	Значение Value	Описание Description
1	Industrial	Робот, предназначенный для использования в производственном процессе (как правило, манипуляционный робот) A robot intended for use in a manufacturing process (typically a manipulation robot)
2	Transport	Робот, предназначенный для транспортировки грузов (как правило, состоящий из одного или нескольких манипуляторов и ходового устройства) A robot designed to transport goods (usually consisting of one or more manipulators and a walking device)
3	Anthropomorphic	Робот общего назначения. Человеческоподобный робот General purpose robot. Humanoid robot
4	Military	Роботы военного назначения (как правило, для ведения разведки, участия в боевых действиях, разминировании) Military robots (usually for reconnaissance, participation in hostilities, mine clearance)
5	Other	Роботы, для которых назначение не определено, либо не подпадающие ни под одну из вышеуказанных категорий Robots for which no purpose has been defined, or that do not fit into any of the above categories

Доступные типы управления

Параметр «доступные типы управления» (available control types) используется в схеме инициализации (рис. 2) для определения поддерживаемых данным устройством типов управления.

Параметр available_control_types является «словарем», содержащим список пар: ключ – значение. В качестве ключа указывается имя типа управления, а в качестве значения – параметры данного типа управления. Допустимые ключи представлены в табл. 2.

Таблица 2. Доступные типы управления для устройств
Table 2. Available control types for devices

№	Ключ Key	Описание Description
1	position	Управление происходит по положению Position-based control
2	speed	Управление происходит по скорости Speed-based control
3	acceleration	Управление происходит по ускорению Acceleration-based control
4	script	Управление сценарием, позволяющее комбинировать другие типы управления, указывая их последовательность и параметры Script control, which allows you to combine other types of control, specifying their sequence and parameters
5	sensor	Используется для получения данных от датчиков Used to receive data from sensors
6	custom_N	Произвольный тип управления. Как правило, произвольные типы управления используются для организации сложного, высокоскоростного, высокоточного управления с использованием обратной связи по нескольким датчикам Arbitrary type of control. As a rule, arbitrary control types are used to organize complex, high-speed, high-precision control using feedback from several sensors

В табл. 3 представлены переменные, описывающие управление «по положению», «по скорости» и «по ускорению».

Таблица 3. Переменные, описывающие управление по положению
Table 3. Variables describing position control

№	Ключ Key	Описание Description	Тип данных Data type	Обязательный параметр Mandatory parameter
1	min_value	Минимальное значение Minimum value	double	Обязательный Mandatory
2	max_value	Максимальное значение Maximum value	double	Обязательный Mandatory
3	granularity	Гранулярность Granularity	double	Обязательный Mandatory
4	max_error	Максимальная погрешность Maximum error	double	Не обязательный Optional

Min_value – минимальное значение управляющего сигнала, которое может принять устройство (как правило – ноль).

Max_value – максимальное значение управляющего сигнала, который может принять устройство.

Granularity – минимальное значение шага управления.

Max_error – максимальная погрешность по положению, как правило, обусловленная конструктивными особенностями устройства или условиями его эксплуатации.

Тип управления «сценарий» позволяет объединять прочие типы управления в последовательность команд. Такой тип управления полезен для быстрого выполнения сложной последовательности действий, которая потребовала бы большого количества команд, отправляемых для данного конкретного устройства роботу. Например, если приводу, управляемому по положению, нужно выполнить следующую последовательность:

- Управление по положению -> Установить положение 45;
- Управление по положению -> Установить положение 0;
- Управление по положению -> Установить положение 45,

то вместо трех команд, описывающих это действие, возможно отправить одну команду «сценарий», в которой будет указана эта последовательность действий.

Тип управления «сценарий» наследует все переменные, описывающие тип управления, который поддерживается в сценарии, а также дополнительно добавляет поле `max_number_of_steps` – максимальное количество шагов сценария.

Тип управления «датчик» (Sensor) является типом управления только формально, поскольку используется не для передачи управляющего сигнала, а в качестве запроса информации с датчика. В табл. 4 представлены статические переменные, описывающие каждое устройство типа «датчик».

Таблица 4. Переменные, описывающие характеристики датчика

Table 4. Variables describing sensor characteristics

№	Ключ Key	Описание Description	Тип данных Data type	Обязательный параметр Mandatory parameter
1	<code>min_value</code>	Минимальное значение Minimum value	double	Обязательный Mandatory
2	<code>max_value</code>	Максимальное значение Maximum value	double	Обязательный Mandatory
4	<code>max_error</code>	Максимальная погрешность Maximum error	double	Не обязательный Optional
5	<code>max_delay</code>	Максимальная задержка Maximum latency	double	Не обязательный Optional

Заключение

Методика идентификации роботов описывает инфраструктурно- и платформо-независимое взаимодействие, поэтому может использоваться в любых системах. В статье намеренно не упоминаются ни модель OSI, ни определенные языки программирования, так как материал является руководством для построения структуры и последовательности взаимодействия систем, а не описанием инфраструктуры и платформы для взаимодействия.

Предложенная в работе методика позволяет описывать сложные, многоуровневые системы с помощью одной структуры, а также использовать единый подход для управления всеми устройствами робота. Структуры запроса и ответа управления являются одновременно и универсальными, и легкими для понимания.

Список литературы

1. Ермолов И.Л., Хрипунов С.П. Формирование обобщенной структурной схемы робототехнических комплексов. *Робототехника и техническая кибернетика*. 2017;1(14):22-26.
2. Назарова А.В., Рыжова Т.П. Методы и алгоритмы мультиагентного управления робототехнической системой. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2012;6(6):93-105.
3. Казанцев В.Н., Котенев В.Д., Павлов В.А. Состояние и проблемы стандартизации в области робототехники. *Робототехника и техническая кибернетика*. 2014;3(4):17-21.
4. Дж. Янг. *Робототехника*. Москва: Машиностроение; 1979.

References

1. Ermolov I.L., Khripunov S.P. [Formation of a generalized structural diagram of robotic complexes]. *Robotics and Technical Cybernetics*. 2017;1(14):22-26. (In Russ.)
2. Nazarova A.V., Ryzhova T.P. [Methods and algorithms for multi-agent control of a robotic system]. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman*. 2012;6(6):93-105. (In Russ.)
3. Kazantsev V.N., Kotenev V.D., Pavlov V.A. [State and problems of standardization in the field of robotics]. *Robotics and Technical Cybernetics*. 2014; 3(4):17-21. (In Russ.)
4. J. Young. [*Robotics*]. Moscow: Mechanical engineering; 1979. (In Russ.)

Вклад авторов

Архипенко С.А. выдвинул идею создания новой методики и предложил его конфигурацию.

Шилин Л.Ю. определил цель проведения исследования, обосновал необходимость создания методики.

Навроцкий А.А. систематизировал полученные результаты, подготовил текст статьи.

Кузнецов А.П. участвовал в формировании структуры методики, вносил правки в текст статьи.

Authors' contribution

Arkhipenka S.A. put forward the idea of creating a new technique and proposed its configuration.

Shilin L.U. determined the purpose of the study, substantiated the need to create a methodology.

Naurotsky A.A. systematized the results obtained, prepared the text of the article.

Kuznetsov A.P. participated in the structuring of the methodology, made edits to the text of the article.

Сведения об авторах

Архипенко С.А., магистр технических наук.

Шилин Л.Ю., д.т.н., профессор, декан факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Навроцкий А.А., к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Кузнецов А.П., д.т.н., профессор кафедры систем управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-44-749-04-66;
e-mail: stanislau.arkhipenka@gmail.com
Архипенко Станислав Александрович

Information about the authors

Arkhipenka S.A., Master of Technical Science.

Shilin L.U., D.Sci, Professor, Dean of the Faculty of Information Technologies and Control of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Naurotsky A.A., PhD, Associate Professor, Head of the Department of Automated Data Processing Systems of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Kuznetsov A.P., D.Sci, Professor, Department of Control Systems of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus
Minsk, P. Brovki str., 6,
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
tel. +375-44-749-04-66;
e-mail: stanislau.arkhipenka@gmail.com
Arkhipenka Stanislau