## Компетенция «Интернет вещей»

## Протокол обмена данными оборудования гибкой производственной линии с платформой Node-RED

В рамках данного описания рассматривается обмен данными системы управления соревновательным полем с платформой автоматизации Node-RED. На соревновательном поле (макете гибкой производственной линии) может размещаться различный набор смарт-устройств, подключенных к облачной платформе. Конкретный набор определяется во модуле В конкурсного задания.

Набор типов оборудования, из которого формируется состав производственного модуля / гибкой производственной ячейки (не всё может быть использовано в задании) включает:

* Промышленный робот-манипулятор с установленным блоком вакуумных захватов;
* Конвейерная линия с установленной координатной пластиной (паллетой);
* Учебный робот-манипулятор с установленным вакуумным захватом (присоской), или плоско-параллельным схватом, или держателем для маркера, или диагностическим коннектором;
* Смарт-камера в режиме считывания размещения деталей на координатной пластине и в магазинах (передаёт данные по сборке изделий и по остаткам на загрузочных магазинах-паллетах), или в режиме детекции расположения деталей (считывания кодов группы изделий);
* Считыватель штрих-кодов заказов (изделий) или смарт-камера в режиме считывателя штрих-кодов;
* Светосигнальная лампа – комплект сигнальных ламп, собранных в вертикальный пакет (отображают четыре цвета: красный, зелёный, желтый, синий) для управления доступом к рабочей зоне каждого стационарно установленного учебного робота-манипулятора производственной ячейки;
* Диспенсер для начальной загрузки координатной пластины;
* Световой барьер (система безопасности) для контроля доступа в рабочую зону;
* Удалённый терминал (пульт) для контроля производственной ячейки.

***Настройка подключения:***

Для обеспечения обмена данными с системой управления соревновательным полем (гибкой производственной линией) необходимо создать на облачной платформе Интернета вещей необходимые сервисы для связи с оборудованием. Эти параметры должны быть внесены в систему управления соревновательным полем (ControlCenter) для каждой команды.

Непосредственное управление оборудованием выполняет система управления соревновательным полем, она же реализует «прозрачность» передачи команд и данных с оборудования. Интерфейс данной системы также обеспечивает информацию для диагностики соединений.

**Порядок взаимодействия с оборудованием**

Получение информации от оборудования и управлением им осуществляется через виртуальные объекты (вещи, коннекторы), создаваемые участниками на платформе Интернета вещей. Параметры объектов и порядок их работы с реальным оборудованием приведен ниже. Все параметры передаются в числовой форме, наименования ключа идентифицирует параметр на оборудовании (регистр важен).

Параметры между оборудованием и платформой Интернета вещей передаются через HTTP/HTTPS-запросы в формате JSON. Стандартная частота следования запросов – 2 секунды. Однако технические специалисты могут увеличить частоту следования запросов с целью повышения отзывчивости системы. Также частота следования запросов может меняться адаптивно в зависимости от доступности сети. При необходимости, режим работы соединения можно уточнить в ходе брифинга.

В процессе выполнения обмена данными сервер Интернета вещей может возвращать коды ошибок в соответствии со стандартами HTTP и некоторые дополнительные коды. Наиболее типичные ошибки:

401 – Unauthorized – попытка неавторизованного доступа к серверу;

404 – Not Found – не найден обработчик запроса (неверный адрес сервера или иные параметры подключения);

405 – Method Not Allowed (Wrong Command) – метод не поддерживается – ошибка в команде при корректной работе соединения;

416 – Range Not Satisfiable – выход за диапазон – ошибка в значениях параметров, как правило, при неверной коде позиции при позиционном управлении;

500 – Internal Server Error – при выполнении кода обработчика запроса на сервере произошла ошибка.

Ошибки связи разделены на две группы:

* Взаимодействие между платформой интернета вещей и системой управления полем (обозначены префиксом “S-C”);
* Взаимодействие между оборудованием гибкой производственной линии и системой управления полем (обозначены префиксом “C-E”).

Например, сообщение «C-E Connection Error: 501 Not Implemented» - может означать ситуацию, при которой переданная роботу текстовая команда на робота некорректна (он не может её выполнить в текущих условиях).

Как правило, вещи отправляют все параметры при каждом обмене данными. Также в ответ они ожидают поступление всех параметров, однако в случае поступления неполных данных, вещи интерпретируют запрос, подставляя значения, полученные ранее. Единовременно вещь выполняет и обрабатывает лишь один запрос.

В процессе обмена данными вещи не контролируют последовательность запросов. Участникам необходимо самостоятельно обеспечивать последовательность передачи данных и команд.

В большинстве случаев для контроля последовательности отправленных команд со стороны облачной платформы «Интернета вещей», подключенное оборудование отслеживает значение параметра «Номер отправленной команды» и реагирует на факт приращения его значения по сравнению с ранее присылаемым значением. В этом случае команда считается новой и передается на обработку.

Однако даже переданная на обработку команда может быть не выполнена в следующих случаях:

* Один или более параметров имеют недопустимые значения;
* Значения определенного набора параметров команды совпадают с переданными ранее.

Фактически, второе правило означает, что нельзя сначала сменить значения параметров команды, а уже следом изменить номер команды, как бы «подтверждая» изменения. Такой способ часто приводит к проблемам в реальных задачах, поэтому считается неверным. Необходимо назначать все значения параметров и увеличивать номер команды одновременно.

ВАЖНО! Необходимо понимать, что не во всех запросах от оборудования приходят все данные и не всегда в корректном формате, а технические сбои в работе связи или оборудования могут искажать данные, делая невозможной их корректную интерпретацию. Например, при указанном целочисленном типе параметра может прийти строковое значение, не интерпретируемое как число.

***Промышленный робот-манипулятор***

Промышленный робот-манипулятор предназначен для выполнения производственных операций путём перемещения и активации инструмента, установленного в инструментальном креплении робота. Для данных роботов применяется микропрограммная система управления, настроенная одним из двух вариантов:

1) На выполнение перемещений в рабочей зоне с указанием координат размещения инструмента в прямоугольной системе координат.

2) На выполнение заранее определенных последовательностей перемещений (микропрограммы) при получении кода данного движения (микропрограммы).

Режим управления необходимо уточнить у технического специалиста на брифинге.

В рамках производственной ячейки роботы настроены на перемещение инструмента (схвата или установленного дополнительного оборудования) с сохранением его вертикальной ориентации. Программное обеспечение робота самостоятельно контролирует согласованность работы моторов для обеспечения правильного движения инструмента, предоставляя для программирования производные параметры, определяющие ориентацию инструмента в цилиндрической системе координат относительно установочной позиции робота. Дополнительно обеспечивается вращение инструмента вокруг вертикальной оси для изменения его ориентации.

Данные роботы транслируют значительное количество параметров, которые нужно собирать на платформе с целью мониторинга.

В инструментальном креплении робота может быть установлен держатель для четырех вакуумных захватов (присосок) с индивидуальным управлением. В зависимости от необходимости и аспектов конкурсного задания насосы вакуумных захватов могут активизироваться по отдельности или все вместе.

Блок присосок может поворачиваться вокруг вертикальной оси.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **RobotR\_N**, где R – номер команды, а N – номер робота на схеме поля | | | | | |
| Параметры для мониторинга \*  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***n*** | Номер предыдущей обработанной команды / пакета данных | | Целое |  | **N** | Номер команды / пакета данных | Целое |
| ***s*** | Статус системы управления: 1 – выполняет команду, 0 – ожидание | | Целое |  | **X** | Координата X проекции положения рабочего инструмента робота на поверхность рабочей зоны\*\*\* (в цилиндрической или прямоугольной системе координат), либо код позиции / микропрограммы | Целое |
| ***c*** | Внутренний счетчик\*\* робота выполненных действий | | Целое |  | **Y** | Координата Y проекции положения рабочего инструмента робота на поверхность рабочей зоны\*\*\* (в цилиндрической или прямоугольной системе координат) | Целое |
| ***m1 … m6*** | «Сырое» значение абсолютных энкодеров сервомоторов | | Целое (ые) |  | **G** | Уровень положения схвата, (вертикальная координата или код вертикального положения – допустимые значения сообщает технический специалист) | Целое |
| ***t1 … t6*** | Температура серомоторов | | Целое (ые) |  | **T** | Угол поворота инструмента в градусах (0 – центральное положение; диапазон от –90 до +90) | Целое |
| ***l1 … l6*** | Нагрузка сервомоторов | | Целое (ые) |  | **V1..V4**  **либо**  **V** | Режимы вакуумных захватов / закрытия схвата (1 – включить, 0 – выключить)\*\*\*\* | Целое |
| ***i*** | Информация о состоянии робота | | Текст |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |

\* Правила пересчета значений и конструктив роботов содержится в дополнительных технических материалах. Не все мониторинговые параметры могут быть интерпретированы. Например, параметры, соответствующие неподключенным сервомоторам, могут содержать случайные значения.

\*\* Счетчик является внутренним для робота и наращивается при выполнении (завершении) команд перемещения робота. Счетчик сбрасывается при рестарте внутренней программы робота.

\*\*\* Следует различать рабочую зону робота, связанную с конструктивными особенностями самого робота и установленного инструмента, и зону, которую выделяет технолог как доступную (разрешенную) для перемещений робота, при проектировании производственного процесса. Доступная для перемещений рабочая зона, как правило, определяется размещением ограждений, прочего оборудования, каких-то препятствий, требованиями безопасности персонала, в том числе и соображениями целесообразности в использовании рабочего пространства. Следует, по возможности, всегда реализовывать контроль выхода робота из зоны, доступной для перемещений.

\*\*\*\* В зависимости от конфигурации схвата и настройки системы управления роботом возможно либо индивидуальное управление вакуумом, либо единая система включения-выключения пневматической магистрали.

**Контроль движения робота:**

Робот реагирует на получение новой команды только находясь в режиме ожидания.

По умолчанию, активирован режим, при котором пришедшая команда (пакет данных) обрабатывается только в том случае, если её номер выше, чем у предыдущей, а также хотя бы один из параметров отличается от предыдущих.

***Учебный робот-манипулятор с установленным вакуумным захватом***

Учебные роботы-манипуляторы предназначены для выполнения разнообразных производственных операций путем перемещения изделий с использованием вакуумного захвата (присоски). В рамках конкурсного задания роботы могут быть настроены на один из трех видов перемещений:

1) На перемещение в цилиндрической системе координат.

2) На перемещение в прямоугольной системе координат.

3) На выполнение микропрограмм (перемещение по заданным точкам или выполнение действий)

В рамках производственной ячейки роботы настроены на перемещение инструмента (схвата или установленного дополнительного оборудования) с сохранением его вертикальной ориентации. Программное обеспечение робота самостоятельно контролирует согласованность работы моторов для обеспечения правильного движения инструмента, предоставляя для программирования производные параметры, определяющие ориентацию инструмента в цилиндрической системе координат относительно установочной позиции робота. Дополнительно обеспечивается вращение инструмента вокруг вертикальной оси для изменения его ориентации.

Данные роботы транслируют значительное количество параметров, которые нужно собирать на платформе с целью мониторинга.

На роботе может быть установлено дополнительное оборудование, интегрированное в систему управления роботом. В этом случае в протоколе обмена данными будут использованы дополнительные параметры для передачи данных и команд на это оборудование.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **RobotR\_N**, где R – номер команды, а N – номер робота на схеме поля | | | | | |
| Параметры для мониторинга \*  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***n*** | Номер предыдущей обработанной команды / пакета данных | | Целое |  | **N** | Номер команды / пакета данных | Целое |
| ***s*** | Статус системы управления: 1 – выполняет команду, 0 – ожидание | | Целое |  | **X** | Координата X проекции положения рабочего инструмента робота на поверхность рабочей зоны\*\*\* (в цилиндрической или прямоугольной системе координат), либо код позиции / микропрограммы | Целое |
| ***c*** | Внутренний счетчик\*\* робота выполненных действий | | Целое |  | **Y** | Координата Y проекции положения рабочего инструмента робота на поверхность рабочей зоны\*\*\* (в цилиндрической или прямоугольной системе координат) | Целое |
| ***m1 … m6*** | «Сырое» значение абсолютных энкодеров сервомоторов | | Целое (ые) |  | **G** | Уровень положения схвата, (вертикальная координата или код вертикального положения – допустимые значения сообщает технический специалист) | Целое |
| ***t1 … t6*** | Температура серомоторов | | Целое (ые) |  | **T** | Угол поворота инструмента в градусах (0 – центральное положение; диапазон от –90 до +90) | Целое |
| ***l1 … l6*** | Нагрузка сервомоторов | | Целое (ые) |  | **V** | Режим вакуумного захвата / закрытия схвата (1 – включить, 0 – выключить) | Целое |
| ***i*** | Информация о состоянии робота | | Текст |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |

\* Правила пересчета значений и конструктив роботов содержится в дополнительных технических материалах. Не все мониторинговые параметры могут быть интерпретированы. Например, параметры, соответствующие неподключенным сервомоторам, могут содержать случайные значения.

\*\* Счетчик является внутренним для робота и наращивается при выполнении (завершении) команд перемещения робота. Счетчик сбрасывается при рестарте внутренней программы робота.

\*\*\* Следует различать рабочую зону робота, связанную с конструктивными особенностями самого робота и установленного инструмента, и зону, которую выделяет технолог как доступную (разрешенную) для перемещений робота, при проектировании производственного процесса. Доступная для перемещений рабочая зона, как правило, определяется размещением ограждений, прочего оборудования, каких-то препятствий, требованиями безопасности персонала, в том числе и соображениями целесообразности в использовании рабочего пространства. Следует, по возможности, всегда реализовывать контроль выхода робота из зоны, доступной для перемещений.

**Контроль движения робота:**

Робот реагирует на получение новой команды только находясь в режиме ожидания.

По умолчанию, активирован режим, при котором пришедшая команда (пакет данных) обрабатывается только в том случае, если её номер выше, чем у предыдущей, а также хотя бы один из параметров отличается от предыдущих.

ВАЖНО! Количество параметров, поступающих от робота связано с конкретной конфигурацией (конструкцией) робота. Конфигурацию робота необходимо уточнить перед реализацией задания.

ВАЖНО! Ряд параметров, поступающих от робота, требует преобразования в реальные физические величины и калибровки (пересчета со сдвигом нуля и масштабированием). Принципы преобразования и пересчета необходимо уточнить перед реализацией задания, а калибровку произвести во время тестового периода выполнения задания.

***Конвейерная линия***

Автоматизированная конвейерная линия предназначена для выполнения производственных операций путём перемещения координатной пластины, установленной в креплении на ленте. Для управления движения применяется микропрограммная система управления, настроенная на выполнение синхронного движения отдельных элементов конвейерной системы. Целевая позиция передается одним целевым значением. При смене целевого значения робот переходит к выполнению другого движения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **ConveuorR**, где R – номер команды | | | | | |
| Параметры для мониторинга  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| **s** | Статус обработки задания | | Целое\* |  | **N** | Номер команды / пакета данных | Целое |
| ***t*** | Целевая позиция / фаза движения (внутренний код) | | Целое(ые)\* |  | **T** | Целевая позиция (код микропрограммы перемещения) | Целое |
| ***i*** | Информация о состоянии конвейера | | Текст |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |

ВАЖНО! В общем случае номера фаз могут не совпадать с кодами целевых позиций роботов. Изменения статуса показывает завершение очередного шага микропрограммы системы управления.

***Диспенсер деталей (система загрузки)***

Диспенсер используется для начального размещения деталей на координатной пластине. Диспенсер получает команды с платформы интернета вещей. На платформу отправляется информация о статусе работы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **DispenserR**, где R – номер команды, а N – номер устройства | | | | | |
| Параметры для мониторинга  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***n*** | Номер выполненной команды | | Целое |  | **N** | Номер команды (пакета данных) | Целое |
| ***s*** | Статус | | Целое |  | **D1** | Количество деталей к выдаче | Целое |
| ***c*** | Счетчик выданных деталей | | Целое |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |
| ***i*** | Информация о состоянии устройства | | Текст |  |  |  |  |

ВАЖНО! При управлении диспенсером важно внимательно контролировать номер пакета данных, чтобы избежать выдачи избыточного количества шариков.

***Светосигнальная лампа (светофор)***

Светофор (светосигнальная лампа) является визуальным индикаторным устройством гибкой производственной ячейки, однако разработчик имеет полный контроль над его сигналами.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **TrafficLightsR\_N**, где R – номер команды, а N – номер светофора на схеме поля | | | | | |
| Параметры для мониторинга  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***i*** | Информация о состоянии устройства | | Текст |  | **L1** | Состояние синей лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
|  |  | |  |  | **L2** | Состояние красной лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
|  |  | |  |  | **L3** | Состояние желтой лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
|  |  | |  |  | **L4** | Состояние зеленой лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
|  |  | |  |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |

Типовая кодировка цветов: красный (аварийная ситуация), синий (выполнение команды), зелёный (ожидание команды), желтый (парковка, безопасное положение для обслуживания).

Также для индикации некоторых состояний производственного оборудования часто используется мигание сигнальных ламп, например, мигающая желтая лампа – как указатель на режим паузы выполнения производственного цикла. Для реализации подобной сигнализации периодическое включение и отключение сигнальных ламп необходимо реализовать на платформе «Интернета вещей».

Для светосигнальных ламп не действует принцип ожидания номера команды. Сигнал становится активным сразу при поступлении новых данных. Однако следует помнить о то, что оборудование связывается с платформой с периодом около 2 секунд.

***Считыватель штрих-кодов (смарт-камера в режиме считывателя штрих-кодов)***

Устройство ввода (смарт-камера), настроенная на считывание и передачу на платформу интернета вещей кодов изделий для выполнения сборочных операций. Считыватель штрих-кодов работает непрерывно и с заданной периодичностью отправляет последний считанный код.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **BarcodeReaderR\_N**, где R – номер команды, а N – номер устройства | | | | | |
| Параметры для мониторинга  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***c*** | Считанный код | | Целое\* |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |
| ***i*** | Информация о состоянии устройства | | Текст |  |  |  |  |

\* В общем случае код изделия является строковым значением, то есть могут приходить и наборы символов, не преобразуемых к числовому значению.

***Смарт-камера (смарт-камера в режиме распознавания расположения деталей)***

Интеллектуальная камера работает в режиме детектора размещения элементов на координатной пластине и отправляет на платформу интернета вещей пакет параметров, хранящий данные по построчном размещении элементов на координатной пластине.

Система распознавания расположения элементов активируется при получении управляющего кода и при каждом успешном считывании увеличивает счетчик. Счетчик может быть обнулен командой с платформы ThingWorx

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **SmartCameraR**, где R – номер команды | | | | | |
| Параметры для мониторинга  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***n*** | Счетчик распознанных кадров | | Целое |  | **G** | Режим считывания:  0 – не считывать  1 – сбросить счетчик  2 – считать изображение | Целое |
| ***l0 … l5*** | «Строки»\* выраженные в виде чисел, выровненных по правому краю или коды деталей\*\*, размещенных в заданных расположениях | | Целые |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |
| ***i*** | Информация о состоянии устройства | | Текст |  |  |  |  |

\* Строка координатной пластины содержит несколько ячеек. Каждая ячейка образует одну позицию в числе, причем самая права считается младшим разрядом числа. Распознанный в ячейке элемент становится кодом (цифрой) в соответствующей позиции числа. Пустые ячейки получают код 0.

Таким образом если в строке заполнены две правые ячейки элементами с кодами 1 и 2, то «строка» будет равна 12.

\*\* Система размещения деталей (координатная пластина или шасси) может иметь утвержденный порядок расположения гнезд (ячеек) для размещения деталей. В этом случае в режиме детекции кодов, камера будет возвращать коды (идентификаторы) деталей задаваемые штрих-кодами или AR-метками в установленном порядке.

***Пульт управления производственной линией (удаленный терминал)***

Пульт представлен тремя кнопками без фиксации, одной кнопкой-переключателем с фиксацией, двухкоординатным рычагом управления, четырьмя цветными индикаторами, текстовым дисплеем. Пульт передает состояние этой кнопки на платформу интернета вещей.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **RemoteTerminalR**, где R – номер команды, а N – номер устройства | | | | | |
| Параметры для мониторинга  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***p*** | Считанный код (режим переключателя) | | Целое |  | **L1** | Состояние синей лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
| ***b1*** | Считанный код (количество нажатий кнопки) | | Целое |  | **L2** | Состояние красной лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
| ***b2*** | Считанный код | | Целое |  | **L3** | Состояние желтой лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
| ***b3*** | Считанный код | | Целое |  | **L4** | Состояние зеленой лампы  1 – включена, 0 - отключена | Целое |
| ***i*** | Информация о состоянии устройства | | Текст |  | **D1** | Номер строки текстового дисплея |  |
|  |  | |  |  | **DT** | Текстовая строка в кодировке ASCII (латиница) | Строка |
|  |  | |  |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |

Встроенный в пульт дисплей имеет несколько строк для вывода текста. Для вывода текста на дисплей необходимо передать номер строки и отображаемый текст. Если необходимо вывести несколько строк текста, тогда нужно пересылать текст в несколько запросов, сначала для одной строки, затем для другой. Для очистки строки нужно переслать номер строки и пустую строку.

***Световой барьер (система безопасности)***

Световой барьер объединяет в себе 3 лазерных инфракрасных дальномера, за счет которых можно обеспечить детекцию наличия посторонних в зоне работы оборудования. Световой барьер передает измеренные расстояния до объектов на платформу интернета вещей.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Идентификатор подключения | | **LightBarrierR**, где R – номер команды, а N – номер устройства | | | | | |
| Параметры для мониторинга  (от оборудования) | | | |  | Параметры для управления  (на оборудование) | | |
| ***d1*** | Дистанция (см) | | Целое\* |  | **Text** | Прямые текстовые команды | Текст |
| ***d2*** | Дистанция (см) | | Целое\* |  |  |  |  |
| ***d3*** | Дистанция (см) | | Целое\* |  |  |  |  |
| ***i*** | Информация о состоянии устройства | | Текст |  |  |  |  |

\* В общем случае пересылаемое значение является строковым, то есть могут приходить и наборы символов, не преобразуемых к числовому значению.