ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГУМАНОИДНЫМ РОБОТОМ

Петров Константин Владимирович

магистрант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Московский политехнический университет, РФ, г. Москва

Ипатов Дмитрий Владимирович

магистрант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Московский политехнический университет, РФ, г. Москва

Зорина Елизавета Андреевна

магистрант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, РФ, г. Москва

Аннотация. В статье представлено исследование и разработка комплексной системы управления образовательным гуманоидным роботом, ориентированной на использование современных технологий и инструментов программирования. В условиях актуальности задачи разработки гуманоидных роботов в сфере образовательной робототехники проведено исследование существующих моделей систем управления, выявлены их ключевые достоинства и ограничения.

Цель исследования заключалась в разработке системы управления, обеспечивающей взаимодействие гуманоидного робота с оператором. В рамках разработки предложена архитектура системы, интегрирующая программирование на OpenCM через ArduinoIDE, использование веб-сервера на одноплатном компьютере NanoPi для обмена данными в сети, а также реализацию Python API и конфигуратора на базе Unity для контроля над роботом. Полученные в ходе исследования разработки демонстрируют практическую реализацию программного обеспечения для управления на различных уровнях, что позволяет рассматривать их применение в образовательных целях для обучения основам робототехники и программирования.

Ключевые слова: робототехника, человекоподобный робот, архитектура системы управления, анализ систем управления, разработка программного обеспечения.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия возрос интерес к разработке и исследованию гуманоидных роботов в сфере образования. Основным требованием к таким гуманоидным роботам является необходимость высокой автономности, адаптивности и гибкости в изменяющихся условиях. Разработка комплексных систем управления, соответствующих этим требованиям, является одной из ключевых задач. Существуют различные подходы к построению таких систем, однако существующие технические решения могут сталкиваться с рядом нерешенных проблем.

В ходе исследования проводился анализ текущего состояния разработок в области систем управления образовательными гуманоидными роботами с акцентом на недостатки существующих реализаций. Для анализа и сравнения различных реализаций комплексных систем управления гуманоидными роботами, в данной работе выделены следующие ключевые параметры: Масштабируемость, гибкость, интеграция с внешними системами и интерфейсами. а также удобство программирования.

Основываясь на анализе существующих подходов, в статье предложено техническое решение реализации комплексной системы управления гуманоидным роботом. Описание данной системы включает в себя детализацию компонентного состава, принципов взаимодействия между уровнями архитектуры и механизмов обработки данных от датчиков и исполнительных устройств.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Для сравнения разработанных решений комплексной системы управления были выбраны следующие параметры: масштабируемость, гибкость, интеграция с внешними системами и интерфейсами. а также удобство программирования и поддержки. Масштабируемость необходима для обеспечения возможности расширения функциональных возможностей системы без сложного перепроектирования. Гибкость позволяет системе подстраиваться под различные задачи. Интеграция оценивает способность системы взаимодействовать с различными устройствами и программным обеспечением, что обеспечивает большую функциональность и удобство использования. Наконец, удобство программирования упрощает написание программ для решения задач системой управления.

Таблица 1.

Сравнение наборов образовательных гуманоидных роботов

	Robotis BIOLOID Premium Kit	**"СЕРЁЖА ИН ПРО"**	**Ho**
Масштабируемость	Робота возможно пересобирать с различными конфигурациями в зависимости от задачи, которую требуется решить.	Робот изначально находится в уже собранном состоянии, глобальные изменения в конструкции не предусмотрены.	Робот по един конфигура
Гибкость	Имеется собственное ПО для перезаписи движений под нужную задачу. Также имеется ПО для создания сложных сценариев.	Имеется конфигурационное ПО с примерами движений, мобильное приложение для работы и десктопное решение.	Имеется ко ПО с приме мобильное работы и ре
Интеграция с внешними системами и интерфейсами	Возможно подключение следующих сенсоров: датчик расстояния, ИК-датчик, гироскоп.	Возможно подключение: модуль вентилятора, датчик ультразвука.	Возможно микрофон, датчик аксел
Удобство программирования	Имеется программа для создания движений с углами сервомоторов и временными отметками, также имеется блочная программа для более сложных сценариев.	Программирование данного робота возможно через C++, Python, Java, JavaScript на одноплатном компьютере. Имеется конфигурационное ПО с примерами движений.	Имеется п создания дви сервомоторо отметками, блочная про сложны

Исходя из данных наборов следует выделить следующие решения: оба набора предлагают возможность программирования на различных языках, а также имеют инструменты для создания движений и выполнения более сложных сценариев. Должно поддерживаться несколько “уровней” сложности работы с роботом: начальный - пользователь пользуется только программными компонентами на верхнем уровне, средний - пользователь пользуется программами верхнего уровня, также используя н низкоуровневый код для реализации сложных сценариев.

ОПИСАНИЕ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

В качестве комплексного решения был принят следующий вариант. В систему гуманоидного робота входят следующие компоненты: одноплатный микрокомпьютер, программируемый микроконтроллер, исполнительные механизмы и сенсоры. В общем виде система представлена на рис. 1. В сценарии работы с роботом рассматривается вариант управления в реальном времени при помощи персонального компьютера. Конфигуратор имеет инструменты для создания движений - запись углов серводвигателей во времени для их последующего выполнения роботом, а также инструменты мониторинга параметров состояния гуманоидного робота. Конфигуратор использует движок PhysX с физической моделью робота, что позволяет прототипировать и тестировать робота быстрее и безопаснее. API робота позволяет создавать такие же сценарии использования робота, не используя конфигуратор.

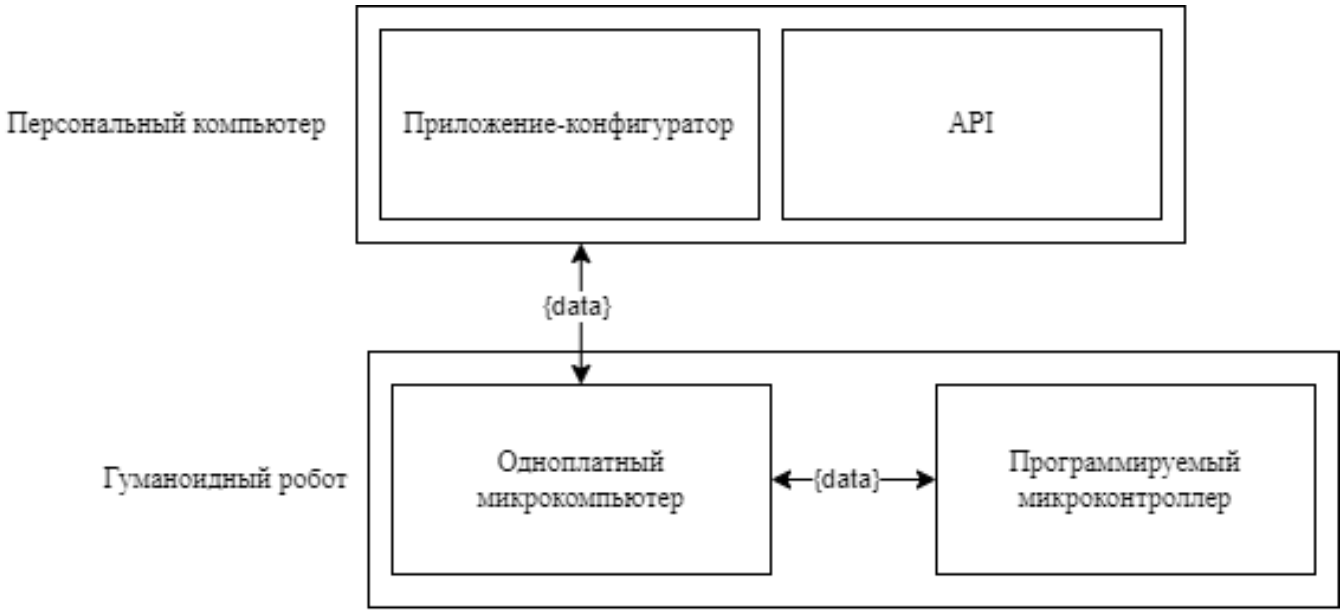

Рисунок 1. Глобальный вариант

Подробное описание системы представлено на рисунке 2.

На верхнем уровне находится оператор, взаимодействующий с системой через персональный компьютер. Оператор использует конфигуратор или API для создания заданий и миссий.

Одноплатный микрокомпьютер обеспечивает связь между высокоуровневым программным обеспечением и низкоуровневым оборудованием робота. Он содержит WebSocket сервер, который обеспечивает двустороннюю связь, позволяющую как отправлять команды от оператора к роботу, так и получать данные с робота. Сервер может обрабатывать как простые запросы: транслировать значения температур, углов, задания углов и другое; так и управлять выполнением сложных задач: имеется планировщик выполнения движений.

На функциональном уровне системы располагается программируемый контроллер, который обрабатывает данные, поступающие с микрокомпьютера. Микроконтроллер выполняет

промежуточные вычисления приходящих данных с модулей, транслирует управляющие команды с микрокомпьютера и отправляет данные на него с модулей.

Логический уровень представляет интерфейс, функционирующий по протоколу Dynamixel для отправки и получения данных с подключенных модулей.

Подключаемые модули могут быть опционально выбраны пользователем. Таким образом повышается масштабируемость.

Предложенный вариант системы позволяет миновать верхний уровень и перейти к программированию робота на микроконтроллере или микрокомпьютере. Движения, которые были созданы на верхнем уровне, можно экспортировать отдельным файлом и загружать вместе с прошивкой, исполняя какой-либо сценарий, в котором данные движения необходимы.

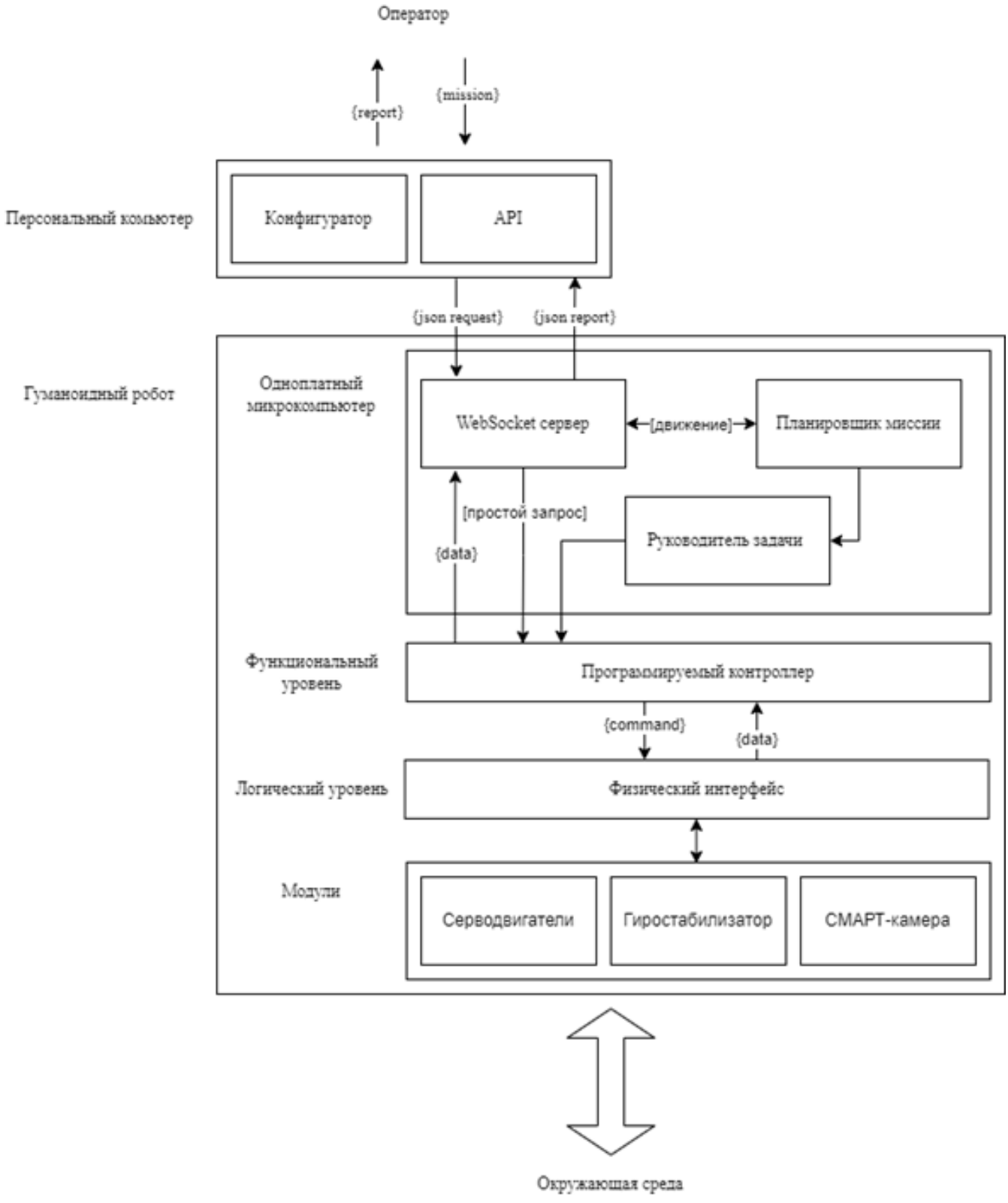

Рисунок 2. Схема взаимодействия гуманоидного робота

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования и разработки предложенной системы управления демонстрируют преимущества в контексте повышения эффективности, надежности и адаптивности гуманоидных роботов. Предложенная архитектура системы управления представляет собой важный шаг в направлении решения проблем, связанных с интеграцией

высокоуровневых и низкоуровневых компонентов управления, что, в свою очередь, открывает новые возможности для исследований и разработок в данной области.

Список литературы:

1. Alami R., Chatila R., Fleury S., Ghallab M., Ingrand F. - An architecture for autonomy, Int.J. Robot. Res. 17(4) 315-337, 1998.

2. C.-H. Ting, W.-H. Yeo, Y.-J. King, Y.-D. Chuah, J.-V. Lee, and W.-B. Khaw, "Humanoid Robot: A Review of the Architecture, Applications and Future Trend," in Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, vol. 7, no. 7, pp. 1364-1369, Feb. 20, 2014, doi: 2040-7459.

3. E. V. Ospennikova, M. G. Ershov, and A. A. Ospennikov, "Применение образовательной робототехники в учебном процессе по физике," Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании, 2016.

4. Dongbu Robot Co., Ltd., "Easy Learning with Icons: Visual Logic Robot Programming," 1st ed. Bucheon-si, Gyeonggi-do, S. Korea: Dongbu Robot Co., Ltd.