

Среда программирования киберфизических систем в парадигме машин состояний

Михаил Андреевич Чекан¹

¹ Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134

Аннотация

Доклад посвящён среде визуального программирования, разработанной для национальной киберфизической платформы. Среда реализует визуальную парадигму на основе иерархических машин состояний и пиктографического языка, и тем самым служит связующим звеном между образовательными играми платформы «Берлога» и проектированием настоящих систем на основе микроэлектроники и программирования. Доклад описывает текущее состояние среды и перспективы дальнейшей разработки.

Ключевые слова

Автоматное программирование, среды разработки, киберфизические системы

1. Мотивация

Киберфизическая система (КФС), согласно [1], – это комплексная система физических элементов и их цифровых двойников в вычислительном слое управления, которая постоянно получает данные из окружающей их среды и использует их для оптимизации процессов достижения установленных целей. КФС становятся всё более актуальными в общем поле, являясь по сути закономерным способом представления сложных инфраструктурных систем, например, в энергетике, на транспорте, в сельском хозяйстве и других важных сферах человеческой деятельности. При этом исследования и академическое рассмотрение КФС ведётся достаточно давно [2].

Национальная киберфизическая платформа (НКФП) «Кибериада» была создана в 2022 году как проект по привлечению инженерных кадров и созданию новых инструментов для проектирования микроэлектронных и киберфизических систем [3]. Здесь следует выделить два направления деятельности.

Первое – популяризация технического творчества и технологического образования в сфере микроэлектроники и киберфизики, создание траектории от школьной программы и технологических кружков до профильных курсов и решения промышленных задач. Это направление определило первое решение – создание платформы «Берлога» [4], набора образовательных игр в едином сеттинге. В настоящее время доступны игра «Защита пасеки» в жанре Tower Defense и ролевая игра-квест «Академия». В этих играх присутствует программирование как игровая механика, овладение которой необходимо для успешного прохождения игровых миссий. Важной особенностью «Берлоги» является двусторонняя связь с реальной образовательной сферой через события и достижения в цифровом портфолио школьника (или студента) на платформе «Талант» Кружкового движения Национальной технологической инициативы (НТИ).

Второе направление – разработка государственных стандартов для КФС и средств их проектирования. Кружковое движение совместно со специалистами формирует стандарт НКФП,

6th International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2024), July 01–05, 2024, Irkutsk, Russia

EMAIL: chekoopa@mail.ru (М.А. Чекан)

ORCID: 0000-0001-7622-421X (М.А. Чекан)



© 2024 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ICCS-DE 2024 Workshop Proceedings

DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.33

а также инструментальную базу для проектирования КФС. Задача стандартов и инструментария – поднять качество создаваемых систем и доступность их создания более широкому кругу пользователей.

Одним из решений стало принятие парадигмы программирования расширенных иерархических машин (ПРИМС) как основной при проектировании КФС. ПРИМС опирается на практическое применение стандарта UML Statecharts [5] и родственна автоматному программированию [6]. Парадигма ПРИМС реализована в играх «Берлоги», но для перехода в разработку реальных систем необходима среда разработки, выступающая связующим звеном. Им стала Lapki IDE, графическая среда программирования в парадигме ПРИМС, совместимая как с играми «Берлоги», так и аппаратными платформами. Иными словами, данный доклад посвящён состоянию разработки Lapki IDE, текущим выводам и направлениям дальнейшей разработки и исследований. Доклад является закономерным продолжением доклада на ICCS-DE 2023 [7].

2. Текущий статус

На момент написания тезисов среда Lapki IDE находится в активной разработке силами студенческой команды под руководством автора и размещена на платформе GitHub под эгидой Кружкового движения [8]. Существует публичная бета-версия, в полной мере реализующая запланированную в рамках первой итерации функциональность, а именно разработку схем для игры «Защита пасеки» на платформе «Берлога», а также для платы Arduino Uno. Архитектура среды в большинстве аспектов соответствует запланированной (рисунок 1).



Рисунок 1: Схема-план архитектуры Lapki IDE

Так, основным компонентом является клиентская часть на основе веб-фреймворка Electron, в которой реализован редактор ПРИМС с доступом к просмотру промежуточного кода. Клиент взаимодействует с модулем загрузчика, который может запускаться вместе с клиентом или размещаться в облаке (для удалённой прошивки). Модуль компиляции, транслирующий схему ПРИМС в формат целевой платформы (игра «Берлоги» или файл прошивки), размещается на отдельном сервере. Также реализована система документации, в настоящий момент – на основе веб-сервера с HTML-файлами.

Текущая версия IDE уже демонстрирует удобство визуальной парадигмы для быстрой разработки базовых устройств на основе Arduino, а также простоту внесения новой функциональности в существующие схемы. Заявленные ранее принципы проекта «Пиктограмма» уже проявляются в той или иной мере, будь то «открытый капот» (доступность промежуточных артефактов разработки), «разработка в состоянии потока» (продолжающиеся

эксперименты по улучшению пользовательского опыта и интуитивности создания РИМС), «модульность и транс-облачность» (максимальное вынесение модулей в облако)

3. Перспективы

Рисунок 1 также отражает дальнейшие направления разработки. В первую очередь, это развитие поддержки STM32 как платформы, на которой планируется создание ряда крупных образовательных проектов в рамках НКФП. Для повышения качества разработки и отладки предлагается внедрение в загрузчик монитора последовательного порта. Рассматриваются гипотезы внедрения в клиент симулятора одной из существующих платформ или специальной тренировочной платформы с визуальным симулятором, позволяющим ознакомиться с ПРИМС без дополнительного оборудования. Кроме этого, исследуется возможность разработки комплекса устройств с пересекающейся функциональностью как одного документа-проекта с несколькими машинами состояний и описанием схемотехники каждого устройства.

Для интеграции с другими проектами НКФП предложен формат Cyberiada-GraphML как совместимое расширение существующего формата представления графов, предоставляющее необходимые атрибуты для описания РИМС, максимально соответствующего разрабатываемому Кружковым движением стандарту парадигмы. Библиотека для чтения формата активно разрабатывается для языков C, C++, TypeScript и Python, также его поддержка реализуется в C# для игр платформы «Берлога» (тем самым планируется переход к единому с IDE формату).

4. Заключение

В докладе рассмотрен текущий статус разработки среды визуального программирования, создаваемой в рамках национальной киберфизической платформы под руководством автора. Существует публичная версия Lapki IDE, совместимая с «Защитой пасеки», и способная компилировать (посредством облачного модуля) и прошивать программы под аппаратные платформы Arduino Uno и Arduino Micro. Разработка среды активно продолжается, в ряде аспектов совместно с Кружковым движением и командой разработчиков игр «Берлоги».

5. Список литературы

- [1] Е.И. Громаков, А.А. Сидорова, Современные технологии. Киберфизические системы, Изд-во Томского политехнического университета, г. Томск, 2021.
- [2] Е.Н. Мещерякова, От сложных технических систем к киберфизическим системам. Современные информационные технологии, № 30, 2019, с. 51-54.
- [3] Кружковое движение, Владимир Путин поддержал запуск Национальной киберфизической платформы «Восток», 21 июля 2022. URL: <https://team.kruzhok.org/news/post/vladimir-putin-podderzhal>.
- [4] Национальная киберфизическая платформа, 2024. URL: <https://platform.kruzhok.org>.
- [5] M. Samek, Practical UML statecharts in C/C++: event-driven programming for embedded systems, 2nd. ed., Elsevier Inc., Oxford, UK, 2009.
- [6] Н. И. Поликарпова, А. А. Шалыто, Автоматное программирование, Издательство «Питер», г. Санкт-Петербург, 2009.
- [7] М. Чекан, Разработка среды пиктографического программирования киберфизических систем в парадигме машин состояний, Материалы V Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ICCS-DE 2023), ИДСТУ СО РАН, г. Иркутск, 2023 года, с. 149-151.
- [8] Организация «Кружковое движение» на платформе GitHub. URL: <http://github.com/kruzhok-team>.
- [9] Образовательная игра «Орбита», 2023. URL: <http://orbitagame.ru>