

Технология программной имплементации цифрового двойника в контур IoT управления HVAC-системой

А. В. Кычкин^{1*}, О. В. Горшков¹, В. А. Селиванов¹, В. А. Павлов¹

¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Пермь, Россия
*avkychkin@hse.ru

Аннотация. Развитие прикладного программного обеспечения киберфизических систем зданий подразумевает широкое использование интеграционных платформ Интернета вещей (IoT). На практике гибкая функциональность IoT-платформ часто приводит к дополнительным затратам на программную доработку существующих и подключение новых блоков, в частности цифровых двойников. В статье предложено технологическое решение по программной имплементации цифрового двойника процесса проветривания в состав контура IoT управления системы отопления, вентиляции и кондиционирования (HVAC) для зданий и промышленных сооружений. Рассматривается реализация и исполнение цифрового двойника в виде динамической имитационной модели на языке объектно-ориентированного моделирования Modelica в среде OpenModelica. В качестве примера интеграционной среды рассматривается IoT-платформа InfluxData на базе стека TICK. Это горизонтально-ориентированная платформа Интернета вещей, которая содержит механизм сбора данных с устройств и базу данных временных рядов InfluxDB для хранения метрик. Для интеграции имитационных моделей на Modelica с InfluxDB предложено использовать сервер OMPython. В этом случае управляющие и интерфейсные сценарии выполняются на языке Python, что в результате в значительной степени расширяет традиционные возможности IoT-платформы до уровня системы управления с цифровым двойником. Такое управление HVAC предусматривает адаптацию контуров управления за счет учета динамики процесса воздухораспределения по вентиляционной сети, оценки и компенсации инерционности процессов. Публикация подготовлена в ходе проведения исследования (№ 21–04–039) в рамках программы «Научный фонд Национального исследовательского университета "Высшая школа экономики (НИУ ВШЭ)"» в 2020–2021 гг.

Ключевые слова: киберфизическая система, система управления, цифровой двойник, кондиционирование и вентиляция, Интернет вещей, OpenModelica, InfluxData

Для цитирования: Кычкин А. В., Горшков О. В., Селиванов В. А., Павлов В. А. Технология имплементации цифрового двойника в контур IoT управления HVAC-системой // Прикладная информатика. 2021. Т. 16. № 5. С. 33–47. DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-5-33-47

Technology for the software implementing a digital twin into the IoT HVAC control loop

A. Kychkin^{1*}, O. Gorshkov¹, V. Selivanov¹, V. Pavlov¹

¹ National Research University Higher School of Economics, Perm, Russia

* avkychkin@hse.ru

Abstract. The development of application software for cyber-physical systems of buildings involves the widespread use of Internet of Things (IoT) integration platforms. In practice, the flexible functionality of IoT platforms often leads to additional costs for software enhancement of existing and connection of new units, in particular digital twins. The paper proposes a technological solution for the implementation of a digital twin of the ventilation process in the IoT control loop of heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems for buildings and industrial facilities. The implementation and execution of the digital twin in the form of a dynamic simulation model in the object-oriented modelling language Modelica in the OpenModelica environment is considered. The IoT platform InfluxData, based on the TICK stack, is considered as an example of an integration environment. It is a horizontally-oriented IoT platform that contains the mechanism for collecting data from devices and the InfluxDB time-series database for storing metrics. To integrate simulation models on Modelica with InfluxDB, an OMPython server is proposed. In this case, the integration scripts are executed in the Python language, which as a result extends the traditional capabilities of the IoT platform significantly to the level of a digitally twinned control system. This HVAC control involves adapting control loops by taking into account the dynamics of the air distribution process over the ventilation network, evaluating and compensating for process inertia. The publication was prepared within the framework of the Academic Fund Program at the HSE University in 2020–2021 (grant № 21-04-039).

Keywords: cyber-physical system, control system, digital twin, HVAC, Internet of Things, OpenModelica, InfluxData

For citation: Kychkin A., Gorshkov O., Selivanov V., Pavlov V. Technology for implementing a digital twin into the IoT HVAC control loop. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2021, vol.16, no.5, pp.33-47 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-5-33-47

Введение

Прикладное программное обеспечение киберфизических систем зданий и сооружений активно используется для управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования (HVAC). Такие системы являются сложными, они обеспечивают комфорт и безопасность людей, при этом потребляют значительные объемы энергии.

Для оптимизации работы HVAC сегодня все чаще используют накопленную статистическую информацию [1–3]. Информация о работе HVAC и климате в помещениях, как правило, собирается в исполнительных ме-

ханизмах либо в контрольных точках зданий с помощью сенсоров в режиме реального времени, формируя временные ряды данных. Накопление данных по метрикам в локальных точках не позволяет принимать решения по эффективному управлению климатом на всем объекте, из-за чего возникают серьезные отличия в климатических показателях разных зон, не всегда учитывается фактическое наличие человека и технологических машин в рабочих зонах.

Особенно остро стоит вопрос о разработке программного обеспечения для систем управления проветриванием подземных сооружений, в том числе промышленных площадок