

DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-6-129-143

Управление энергопотреблением IIoT-устройств в электроэнергетических системах на основе нейро-нечетких моделей

А.И. Лазарев^{1*}, С.А. Федулова¹, А.Н. Алексахин², А.П. Жарков¹

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

²Университет «Синергия», Москва, Россия

anonymous.project@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты исследования по оптимизации энергопотребления устройств промышленного Интернета вещей, обеспечивающих телеметрию и входящих в контуры управления электроэнергетических систем. Актуальность исследования заключается в наметившейся потребности в повышении времени автономной работы мобильных устройств телеметрии производственных и технологических систем, что способствует снижению затрат на их обслуживание и поддержание в работоспособном состоянии. Предложен алгоритм управления параметрами ядра процессора мобильных устройств с процессорами архитектуры ARM, обеспечивающий более высокую энергоэффективность таких устройств, применяемых в составе промышленного Интернета вещей ЭЭС. Новизну полученных результатов составляет предложенный алгоритм программного управления конфигурацией параметров ядра ARM-процессора мобильных устройств телеметрии ЭЭС, обеспечивающей более высокую его энергоэффективность, что достигается применением в его структуре методов интеллектуального анализа данных – двунаправленной нейронной сети долгой краткосрочной памяти и системы нечеткого логического вывода. Выбор этой архитектуры сети обусловлен ее способностью выявлять взаимосвязь в темпоральных последовательностях параметров устройств за счет просмотра последовательности сразу в двух направлениях – от начала к концу и наоборот. Сеть работает в режиме классификации планов энергопотребления, результаты которой затем подаются на вход системы нечеткого логического вывода для прогноза оптимальных параметров ARM-процессора, что в совокупности образует нейро-нечеткую модель управления энергопотреблением IIoT-устройств. С использованием библиотек для машинного обучения на языке Python в среде Google Colab проведены модельные эксперименты, в результате которых точность классификации с помощью двунаправленной нейронной сети превысила 0,8, а среднеквадратическое отклонение составило 0,058 при прогнозе параметров ARM-процессора на основе системы нечеткого логического вывода.

Ключевые слова: рекуррентные нейронные сети, оптимизация энергопотребления, Интернет вещей, прогнозирование данных, системы нечеткого вывода

Для цитирования: Лазарев А.И., Федулова С.А., Алексахин А.Н., Жарков А.П. Управление энергопотреблением IIoT-устройств в электроэнергетических системах на основе нейро-нечетких моделей // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 6. С. 129–143. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-6-129-143

Energy management of IIoT devices in electric power systems based on neuro-fuzzy models

A. Lazarev^{1*}, S. Fedulova¹, A. Aleksakhin², A. Zharkov¹

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia

²Synergy University, Moscow, Russia
anonymous.prodiect@gmail.com

Abstract. The article presents the results of a study on optimizing the energy consumption of Industrial Internet of Things devices providing telemetry and included in the control loops of electric power systems. The relevance of the study lies in the emerging need to increase the battery life of mobile telemetry devices of industrial and technological systems, which helps to reduce the costs of their maintenance and support in working condition. An algorithm for controlling the parameters of the processor core of mobile devices with ARM architecture processors is proposed, which ensures higher energy efficiency of such devices used in the Industrial Internet of Things of the EPS. The novelty of the obtained results is the proposed algorithm for software control of the configuration of the ARM processor core parameters of mobile telemetry devices of the EPS, ensuring its higher energy efficiency, which is achieved by using data mining methods in its structure – a bidirectional neural network of long short-term memory and a fuzzy logical inference system. The choice of this network architecture is due to its ability to identify relationships in temporal sequences of device parameters by viewing the sequence in two directions at once – from the beginning to the end and vice versa. The network operates in the energy consumption plan classification mode, the results of which are then fed to the input of the fuzzy logic inference system to predict the optimal parameters of the ARM processor, which together forms a neuro-fuzzy model for managing the energy consumption of IIoT devices. Using machine learning libraries in the Python language in the Google Colab environment, model experiments were conducted, as a result of which the classification accuracy using a bidirectional neural network exceeded 0.8, and the standard deviation was 0.058 when predicting the parameters of the ARM processor based on the fuzzy logic inference system.

Keywords: recurrent neural networks, energy optimization, Internet of Things, data forecasting, fuzzy inference systems

For citation: Lazarev A., Fedulova S., Aleksakhin A., Zharkov A. Energy management of IIoT devices in electric power systems based on neuro-fuzzy models. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.6, pp.129-143 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-6-129-143

Введение

Управление сложными, высоконадежными технологическими системами предполагает высокий уровень автоматизации процессов сбора и обработки информации, выработки управляющих воздействий и контроля ре-

зультатов достижения целей управления. К таким системам относятся электроэнергетические системы (ЭЭС, Electrical Power Systems, EPS), объединяющие объекты генерации электроэнергии и энергопринимающие установки потребителей, образующие единую, централизованно