

Федеративное обучение для IoT и AIoT: применения, проблемы и перспективы

Х. М. Елеев

Научно-образовательный центр
Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. В статье рассматривается концепция федеративного обучения (FL) – распределенного совместного подхода к искусственному интеллекту (AI), который позволяет обучать AI на распределенных IoT устройствах без необходимости обмена данными. Подходы и методы реализации FL для AIoT устройств были классифицированы по трем типам архитектуры федеративного обучения для организации взаимодействия между участниками обучения: централизованная, децентрализованная и гибридная. Рассмотрены подходы, основанные на различных технологиях, таких как Knowledge Distillation, блокчейн, беспроводные сети типа Mesh, Hybrid-IoT, DHA-FL. Для каждой рассмотренной технологии обозначены основные преимущества, проблемы и вызовы. В заключение сделаны выводы о перспективах развития FL для IoT и AIoT.

Ключевые слова: Интернет вещей (IoT), федеративное обучение (FL), искусственный интеллект вещей (AIoT), блокчейн, архитектура

REFERENCES

1. Khanna A., Kaur S. Internet of Things (IoT), Applications and challenges: a comprehensive review. *Wireless Personal Communications*. 2020. Vol. 114. Pp. 1687–1762. DOI: 10.1007/s11277-020-07446-4
2. Lynn Th., Takako E.P., Maria N.A. et al. The Internet of Things: definitions, key concepts, and reference architectures. *The Cloud-to-Thing*. 2020. Pp. 1–22. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3229374
3. Ефремов М. А., Холод И. И. Разработка архитектуры универсального фреймворка федеративного обучения // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. №. 2. Pp. 263–272. DOI: 10.15827/0236-235X.138.263-272
- Efremov M.A., Kholod I.I. Development of the architecture of a universal federated learning framework. *Programmnyye produkty i sistemy* [Software products and systems]. 2022. Vol. 35. No. 2. Pp. 263–272. DOI: 10.15827/0236-235X.138.263-272. (In Russian)
4. Latif U. Khan, Saad W., Han Z. et al. Federated learning for internet of things: recent advances, taxonomy, and open challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2021. Vol. 23. No. 3. Pp. 1759–1799. DOI: 10.1109/COMST.2021.3090430
5. Sanchez-Iborra R. LPWAN and embedded machine learning as enablers for the next generation of wearable devices. *Sensors*. 2021. Vol. 21. No. 15. P. 5218. DOI: 10.3390/s21155218
6. Fan B., Jiang S., Su X., Hui P. Model-heterogeneous federated learning for internet of things: enabling technologies and future directions [Электронный ресурс]: *arXiv – CS – Distributed, Parallel and Cluster Computing*, 2023. URL: <https://arxiv.org/pdf/2312.12091.pdf> (дата обращения: 19.01.2024).

7. Liu T., Ling Z., Xia J. et al. Efficient federated learning for AIoT applications using knowledge distillation. *IEEE Internet of Things Journal*. 2023. Vol. 10. No. 8. Pp. 7229–7243. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3229374
8. Salama A., Stergioulis A., Ali Zaidi S., McLernon D. Decentralized federated learning on the edge over wireless mesh networks. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. Pp. 124709–124724. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3329362
9. Liu Y., Ai Z., Sun S. et al. FedCoin: A Peer-to-peer payment system for federated learning [Электронный ресурс]: *arXiv*, 2023. URL: <https://arxiv.org/pdf/2002.11711.pdf> (дата обращения: 22 января, 2024).
10. Wu X., Wang Z., Zhao J. et al. FedBC: Blockchain-based decentralized federated learning. *IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)*. Dalian, 2020. Pp. 217–221. DOI: 10.1109/ICAICA50127.2020.9182705
11. Zhao Y., Zhao J., Jiang L. et al. Privacy-preserving blockchain-based federated learning for IoT device. *IEEE Internet of Things Journal*. 2021. Vol. 8. No. 3. Pp. 1817–1829. DOI: 10.1109/JIOT.2020.3017377
12. Sagirlar G., Carminati B., Ferrari E. et al. Hybrid-IoT: Hybrid blockchain architecture for internet of things – PoW sub-blockchains. *IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) / IEEE Computer Society*. Los Alamitos, 2018. Pp. 1007–1016. DOI: 10.1109/Cybermatics_2018.2018.00189
13. Gemeliarana I.G.A.K., Sari. R.F. Evaluation of proof of work (POW) blockchains security network on selfish mining. *International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*. Yogyakarta, 2018. Pp. 126–130. DOI: 10.1109/ISRITI.2018.8864381
14. Fahim S., Mahmood S., Katibur Rahman S.M. Blockchain: A Comparative study of consensus algorithms PoW, PoS, PoA, PoV. *International Journal of Mathematical Sciences and Computing (IJMSC)*. 2023. Vol. 9. No. 3. Pp. 46–57. DOI: 10.5815/ijmsc.2023.03.04
15. Houston Huff W., Balakrishnan R., Hao Feng et al. DHA-FL: Enabling efficient and effective AIoT via decentralized hierarchical asynchronous federated learning. *MLSys-RCLWN*, Miami, 2023.
16. Zhang T., Gao L., He C. et al. Federated learning for internet of things: applications, challenges, and opportunities. *IEEE Internet of Things Magazine*, 2022. Vol. 5. No. 1. Pp. 24–29. DOI: 10.1109/IOTM.004.2100182

Информация об авторе

Елеев Хазрат-Али Муратович, аспирант, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;
khazratalieev@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1536-7917>