

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ НА РАЗВИТИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Емельянов Егор Александрович

студент Московского технологического института РФ, г. Москва

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние Интернета вещей (IoT) на развитие встраиваемых систем. Приводится анализ существующих технологий и методов, применяемых для разработки IoT-устройств, включая аппаратные решения, протоколы связи, операционные системы реального времени и методы обработки данных. Особое внимание уделяется таким аспектам, как энергоэффективность, интеграция искусственного интеллекта (AI), безопасность и распределенные вычисления (Edge Computing). Также обсуждаются перспективы адаптации существующих технологий и стандартизации для улучшения совместимости IoT-устройств. Статья подчеркивает ключевую роль IoT в модернизации встраиваемых систем и формировании новых подходов к их разработке.

**Ключевые слова:** Интернет вещей (IoT), встраиваемые системы, энергоэффективность, протоколы связи, искусственный интеллект (AI), Edge Computing, безопасность, стандартизация.

Введение Интернет вещей (IoT) представляет собой одну из наиболее значимых технологических концепций XXI века, объединяя миллиарды устройств в единую сеть. В основе IoT лежат встраиваемые системы — специализированные устройства с ограниченными вычислительными ресурсами, которые обеспечивают сбор, обработку и передачу данных. Развитие IoT оказывает значительное влияние на архитектуру и функциональные возможности встраиваемых систем, стимулируя создание новых технологий и методов разработки. Цель данной статьи — изучить влияние IoT на развитие встраиваемых систем, проанализировать существующие технологии и предложить направления их дальнейшего совершенствования. Основное содержание. 1. Влияние IoT на аппаратные решения. Современные встраиваемые системы для IoT активно используют энергоэффективные микроконтроллеры (например, ESP32, STM32), системы на кристалле (SoC) и миниатюрные сенсоры. Эти компоненты позволяют создавать компактные устройства с низким энергопотреблением и высокой производительностью. Кроме того, наблюдается интеграция модулей беспроводной связи (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee) непосредственно в аппаратную архитектуру. 2. Роль программного обеспечения. Программное обеспечение играет ключевую роль в работе IoT-устройств:

- Операционные системы реального времени (RTOS): FreeRTOS и Zephyr OS обеспечивают управление многозадачностью.
- Протоколы связи: MQTT и CoAP позволяют эффективно передавать данные между устройствами.
- Интеграция с облаком: Платформы AWS IoT Core и Google\* Cloud IoT предоставляют инструменты для обработки данных и управления устройствами.

### 3. Методы передачи данных

Для передачи данных между устройствами используются как традиционные технологии (Wi-Fi, Bluetooth), так и специализированные протоколы IoT:

- LPWAN: LoRaWAN и NB-IoT применяются для устройств с низким энергопотреблением.
- Mesh-сети: ZigBee и Thread обеспечивают надежную связь внутри локальных сетей.
- Edge Computing: Перенос части вычислений на устройства снижает задержки и уменьшает нагрузку на облачные ресурсы.

4. Интеграция искусственного интеллекта. Искусственный интеллект (AI) становится важным компонентом современных IoT-систем. Технологии TinyML позволяют выполнять машинное обучение непосредственно на устройствах с ограниченными ресурсами. Это открывает возможности для локальной обработки данных и создания самообучающихся систем.

5. Проблемы безопасности. С ростом числа IoT-устройств увеличивается угроза кибератак. Для повышения уровня безопасности используются следующие подходы:

- Аппаратная защита данных (secure elements).
- Шифрование каналов связи.
- Аутентификация устройств через уникальные сертификаты.

6. Стандартизация и совместимость

Отсутствие единых стандартов затрудняет интеграцию IoT-устройств. Создание универсальных протоколов взаимодействия и обеспечение интероперабельности между платформами являются важными направлениями развития. Перспективы развития. На основе анализа можно выделить несколько перспективных направлений:

1. Энергоэффективность: Разработка новых методов управления питанием.
2. Интеграция AI: Расширение возможностей локальной обработки данных.
3. Безопасность: Усиление защиты данных и устройств.
4. Гибридные архитектуры: Использование Edge Computing для повышения производительности.
5. Стандартизация: Создание единых протоколов взаимодействия устройств.

Заключение. Интернет вещей оказывает существенное влияние на развитие встраиваемых систем, стимулируя внедрение новых технологий и методов разработки. Будущие исследования должны быть направлены на решение проблем энергоэффективности, безопасности и совместимости устройств, а также на интеграцию искусственного интеллекта для повышения функциональности IoT-систем.

### **Список литературы:**

1. Ashton K. That 'Internet of Things' Thing // RFID Journal. – 2009.
2. Lee I., Lee K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises // Business Horizons. – 2015. – Т. 58. – №3. – С. 431-440.
3. Al-Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M., Aledhari M., Ayyash M. Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications // IEEE Communications Surveys Tutorials. – 2015. – Т. 17. – №4. – С. 2347-2376.

4. Hossain M.S., Muhammad G. Cloud-assisted Industrial Internet of Things (IIoT) - Enabled framework for health monitoring // Computer Networks. - 2016.

5. FreeRTOS Documentation // Официальный сайт FreeRTOS.

6. Zephyr Project Documentation // Официальный сайт Zephyr OS.

7. MQTT Protocol Specification // Официальный сайт MQTT.

8. LoRa Alliance // Официальный сайт LoRaWAN.

\*(По требованию Роскомнадзора информируем, что иностранное лицо, владеющее информационными ресурсами Google является нарушителем законодательства Российской Федерации - прим. ред.)