



ПРИНЦИП РАБОТЫ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Гафуров Асрор Шораим угли

*Докторант кафедры Технологии мобильной связи ТУИТ имени Мухаммада
ал-Хоразмий gafurovasror686@mail.com*

Аннотация: *В данной статье подробно рассматривается принцип работы беспроводных сенсорных сетей (Wireless Sensor Network - WSN), которые представляют собой одну из ключевых технологий современных распределённых информационных систем. Описывается структура сенсорных сетей, включающая большое количество автономных узлов, способных выполнять функции измерения, обработки и передачи данных. Особое внимание уделяется принципам взаимодействия узлов между собой, а также организации беспроводной связи в условиях ограниченных ресурсов. Рассматриваются основные этапы функционирования WSN, такие как сбор информации, локальная обработка данных, маршрутизация и передача информации к базовой станции. Также анализируются вопросы энергопотребления, масштабируемости и надёжности сети, которые являются критически важными для длительной и стабильной работы системы. Подчеркивается роль сенсорных сетей в современных приложениях, включая экологический мониторинг, промышленную автоматизацию, транспортные системы и системы безопасности. В заключение отмечается высокая перспективность развития технологий WSN и их значимость в условиях цифровой трансформации общества.*

Ключевые слова: *Беспроводные сенсорные сети, WSN, сенсорные узлы, маршрутизация, энергопотребление, передача данных, распределённые системы, мониторинг.*

Беспроводные сенсорные сети представляют собой современную технологию, основанную на распределённом взаимодействии множества миниатюрных сенсорных устройств, объединённых в единую сеть. Каждое устройство способно выполнять функции измерения параметров окружающей среды, первичной обработки данных и их последующей передачи по беспроводным каналам связи. В отличие от традиционных централизованных систем, сенсорные сети характеризуются децентрализованной архитектурой, что делает их более гибкими и устойчивыми к отказам отдельных элементов [1]. WSN широко применяются в различных областях, таких как экологический мониторинг, контроль промышленных объектов, наблюдение за транспортными потоками и системы безопасности [6,9]. Основной особенностью данных сетей является возможность их работы в сложных и труднодоступных условиях, где прокладка проводной инфраструктуры невозможна или экономически нецелесообразна. Важным аспектом является также энергоэффективность,

поскольку большинство сенсорных узлов работают от ограниченных источников питания. Таким образом, сенсорные сети являются важным элементом современных интеллектуальных систем сбора и обработки информации.

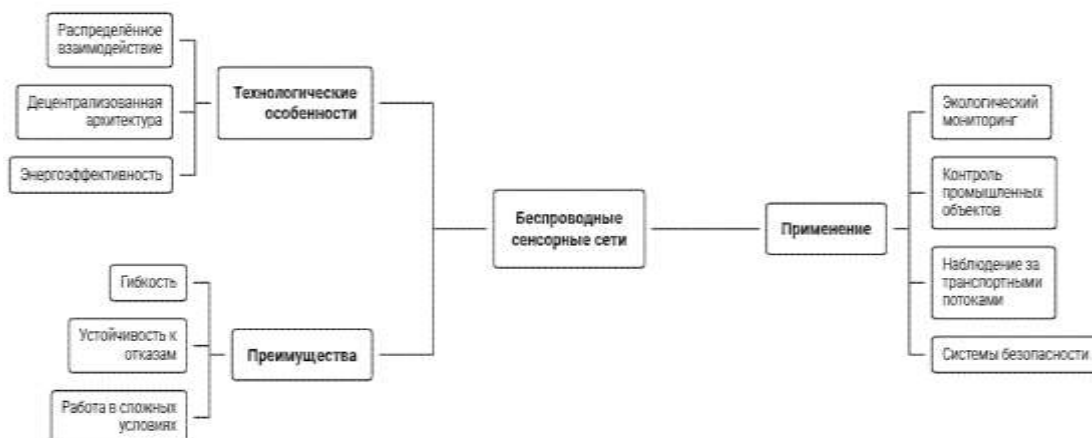


Рис. 1. Беспроводные сенсорные сети

Принцип работы беспроводных сенсорных сетей (WSN). Беспроводные сенсорные сети (WSN) представляют собой распределённую систему, состоящую из большого количества автономных сенсорных узлов, которые взаимодействуют друг с другом посредством беспроводных каналов связи [3,4]. Принцип работы таких сетей основан на коллективном функционировании всех узлов, каждый из которых выполняет определённый набор задач: измерение параметров окружающей среды, обработка полученных данных и их передача к другим узлам или к базовой станции. Вся сеть функционирует как единая самоорганизующаяся система, способная адаптироваться к изменениям условий и сохранять работоспособность даже при выходе из строя отдельных элементов.

Каждый сенсорный узел является автономным устройством, включающим в себя несколько основных компонентов: датчики для измерения физических параметров, микроконтроллер для обработки данных, модуль беспроводной связи и источник питания. Работа узла начинается с процесса измерения, в ходе которого сенсоры фиксируют изменения окружающей среды, такие как температура, влажность, давление, концентрация газов или вибрации. Полученные аналоговые сигналы преобразуются в цифровую форму и проходят первичную обработку внутри самого узла. Это позволяет уменьшить объём передаваемых данных и снизить нагрузку на сеть, что особенно важно при ограниченных ресурсах.

После этапа измерения и локальной обработки данные передаются по сети с использованием различных алгоритмов маршрутизации. Поскольку прямое соединение с базовой станцией не всегда возможно, информация передаётся через промежуточные узлы, образуя многошаговую (multi-hop) структуру связи [2]. Такой подход позволяет значительно расширить зону покрытия сети и повысить её надёжность. При этом каждый узел может выступать как источник

данных, так и как ретранслятор информации, что делает сеть гибкой и адаптивной.

Важным этапом функционирования WSN является обработка и агрегация данных. На этом этапе информация, поступающая от различных сенсорных узлов, может объединяться, фильтроваться и сжиматься для уменьшения объема передаваемых данных. Агрегация данных позволяет снизить энергозатраты и повысить эффективность использования канала связи. Кроме того, обработка может включать устранение шумов, выявление аномалий и предварительный анализ информации, что повышает качество данных, поступающих на базовую станцию.

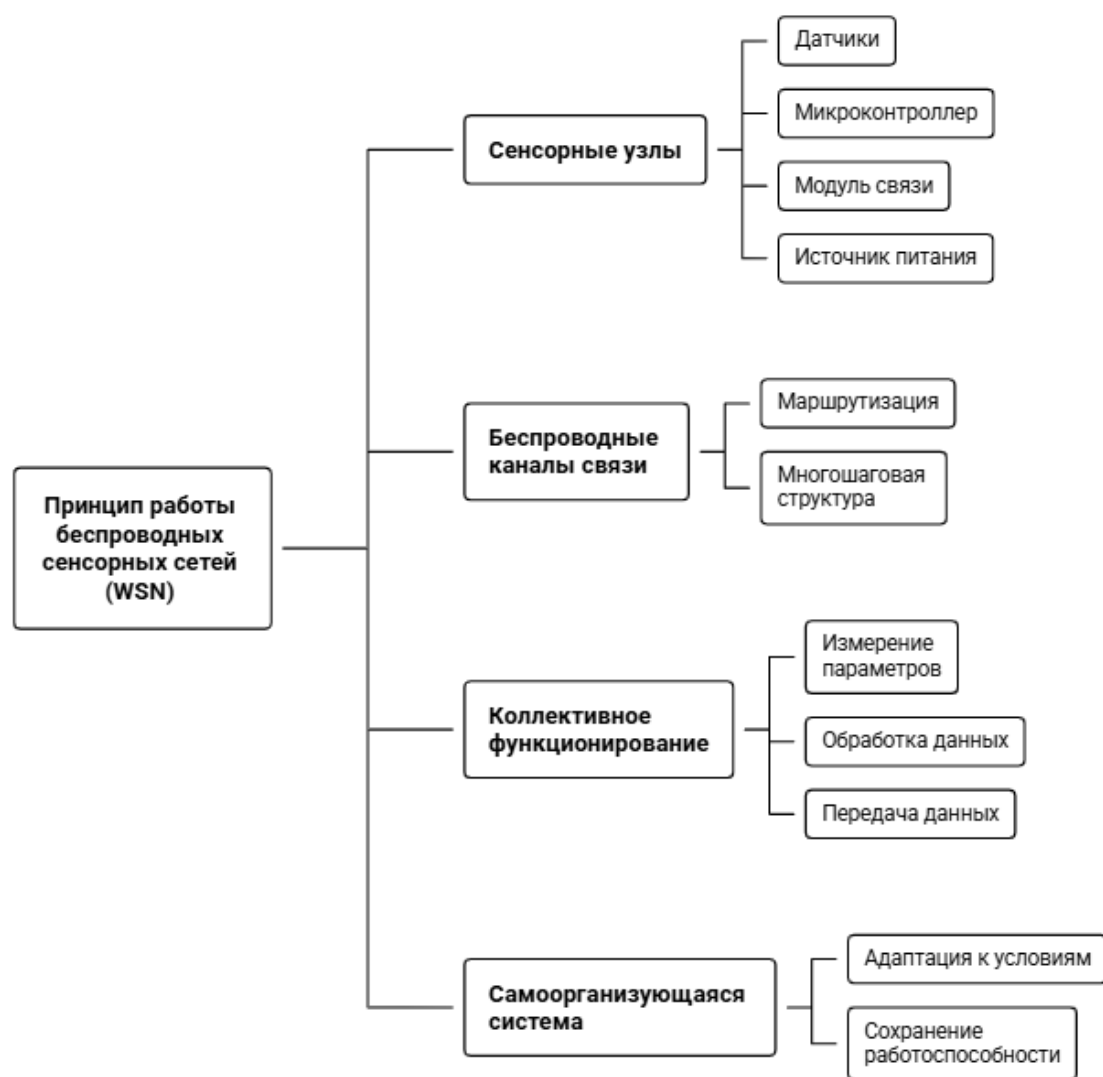


Рис. 2. Принцип работы беспроводных сенсорных сетей (WSN)

Особое значение в сенсорных сетях имеет проблема энергопотребления, так как большинство узлов работает на батарейном питании и не имеет возможности постоянной подзарядки[8]. Для решения этой проблемы используются различные методы энергосбережения, включая переход узлов в спящий режим, оптимизацию частоты передачи данных и использование энергоэффективных



алгоритмов маршрутизации. Управление энергией является одним из ключевых факторов, определяющих срок службы и стабильность работы всей сети.

Завершающим этапом работы сенсорной сети является передача обработанных данных на базовую станцию или сервер, где осуществляется их дальнейший анализ, визуализация и использование для принятия решений. Базовая станция выполняет роль центра управления, обеспечивая координацию работы всей сети и хранение поступающей информации. Таким образом, принцип работы WSN представляет собой последовательный и взаимосвязанный процесс, включающий измерение, локальную обработку, маршрутизацию, агрегацию и передачу данных, что обеспечивает эффективное функционирование системы в целом [5,7,10].

Заключение

В заключение следует отметить, что беспроводные сенсорные сети (WSN) представляют собой высокоэффективную технологию, обеспечивающую сбор, обработку и передачу данных в распределённых и труднодоступных средах. Их принцип работы основан на взаимодействии большого количества автономных узлов, которые совместно формируют единую самоорганизующуюся систему. Основные этапы функционирования включают измерение параметров, локальную обработку информации, маршрутизацию данных, агрегацию и передачу к базовой станции. Особое значение имеют вопросы энергосбережения и оптимизации ресурсов, так как именно они определяют длительность и стабильность работы сети. Благодаря своей гибкости, масштабируемости и надёжности сенсорные сети находят широкое применение в различных областях, включая промышленность, экологический мониторинг, транспортные системы и безопасность. В перспективе развитие WSN связано с повышением интеллектуальности узлов, улучшением алгоритмов маршрутизации и снижением энергопотребления, что позволит ещё больше расширить сферу их применения и повысить эффективность современных информационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Akyildiz, I. F., & Kak, A. (2022). The Next Generation Wireless Sensor Networks. IEEE Communications Surveys & Tutorials. (Фундаментальный обзор архитектур нового поколения).
2. Rawat, P., & Singh, K. D. (2021). Wireless Sensor Networks: A Survey on Recent Developments and Potential Synergies. Journal of Network and Computer Applications.
3. SM Djuraev, M.S Saidov, ND Saidova. Problems in ensuring fire safety and the ways of eliminating them and the prospects of establishing a fire audit institute. Worldwide Cross-Disciplinary Research, 2024.



4. M.S Saidov. Improvement of the Inspection of the Scene in the Examination of the Emergency Situation Associated with the Explosion and Fire. Middle European Scientific Bulletin. №1, 5-8p, 2022y.

5. Gope, P., & Sikdar, B. (2021). Privacy-aware Authentication for Wireless Sensor Networks in Remote Monitoring. IEEE Transactions on Industrial Informatics. (По теме безопасности).

6. Makarov, V. V., et al. (2020). Design and implementation of remote monitoring systems based on WSN and Cloud Computing. Sensors and Actuators.

7. Zhu, Y., et al. (2024). Blockchain-Enabled Secure Data Collection in Wireless Sensor Networks for Industrial IoT. IEEE Internet of Things Journal. (О применении блокчейна).

8. Hassan, A. A., et al. (2022). A Survey on Machine Learning Techniques for Energy-Efficient Routing in WSN. Archives of Computational Methods in Engineering.

9. Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2020). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. Journal of Electrical and Computer Engineering.

10. Ivanov, A. S., & Petrov, D. I. (2023). Security Challenges and Countermeasures in Wireless Sensor Networks: A State-of-the-Art Review. Computer Science Review.