Journal of new century innovations

CERTIFICATE

of Publication
This Certificate is Proudly Awarded to

Ubaydullayeva Shakhnoza

WIRELESS NETWORKS: INTEGRATION INTO INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS AND EQUIPMENT MONITORING

"Journal of new century innovations" international interdisciplinary research journal

01.06.2025
Date of issue:

JOURNAL OF NEW CENTURY INNOVATIONS

Editor-in-Chief

Google Scholar OPEN ACCESS doi iD www.wsrjournal.com

Journal of New Century Innovations

VOLUME 78
ISSUE-1

Journal of new century innovations

AREAS

- Exact and natural sciences
- Pedagogical sciences
- Social sciences and humanities
- Engineering and Medical Sciences

ISSN (p): 2181-3671
ISSN (e): 2181-368X

Google Scholar doi iD newjournal.org

WIRELESS NETWORKS: INTEGRATION INTO INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS AND EQUIPMENT MONITORING

Ubaydullayeva Shakhnoza
Ph.D., Associate Professor of the Department of Automation and Control of Technological Processes at the National Research University "TIIIAME"
Akbaraliyev Akram
Trainee lecturer of the Department of Automation and Control of Technological Processes at the National Research University "TIIIAME"

Abstract. This article analyzes the role and prospects of wireless networks in the context of modern industrial automation systems. The key advantages of implementing wireless technologies are considered, such as reducing infrastructure costs, increasing flexibility, and monitoring capabilities in hard-to-reach areas. The main wireless standards, including Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave, LoRa/Loren and 5G, are analyzed in detail, taking into account their specifics and applicability in industrial conditions. The paper also focuses on challenges related to reliability, safety, and electromagnetic interference. It is concluded that wireless solutions are strategically important for the development of Industry 4.0 and the digital transformation of production facilities.

Keywords: wireless networks, industrial automation, industry 4.0, Internet of Things (IoT), Wi-Fi, 5G, Zigbee, LoRaWAN, industrial safety, automated control systems.

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ: ИНТЕГРАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И МОНИТОРИНГ ОБОРУДОВАНИЯ

Убайдуллаева Шахноза Рахимджановна
к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Национального исследовательского университета «ТИИИМСХ»
Акбаралиев Акрам
Стажер- преподаватель кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Национального исследовательского университета «ТИИИМСХ»

Аннотация. Данная статья посвящена анализу роли и перспектив беспроводных сетей в контексте современных промышленных систем автоматизации. Рассматриваются ключевые преимущества внедрения беспроводных технологий, такие как снижение затрат на инфраструктуру, повышение гибкости и возможности мониторинга в труднодоступных зонах. Подробно анализируются основные беспроводные стандарты, включая Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave, LoRa/LoRaWAN и 5G, с учётом их специфики и применимости в промышленных условиях. В работе также уделено внимание

вызовам, связанным с надёжностью, безопасностью и электромагнитными помехами. Делается вывод о стратегической важности беспроводных решений для развития Индустрии 4.0 и цифровой трансформации производственных процессов, а также о перспективах дальнейшего развития этих технологий.

Ключевые слова: беспроводные сети, промышленная автоматизация, индустрия 4.0, интернет вещей (IoT), Wi-Fi, 5G, Zigbee, LoRaWAN, промышленная безопасность, автоматизированные системы управления.

Введение

Современная промышленность постоянно стремится к оптимизации производственных процессов, повышению эффективности, снижению затрат и улучшению безопасности. В этом контексте промышленные системы автоматизации играют ключевую роль, обеспечивая точный контроль и управление на всех этапах производства. Традиционно эти системы полагались на проводные соединения для передачи данных, что обеспечивало высокую надёжность и стабильность. Однако, с развитием технологий, появлением концепций Интернета вещей (IoT), Индустрии 4.0 и ростом требований к гибкости производства, беспроводные сети начинают активно внедряться в промышленные среды.

Внедрение беспроводных технологий в промышленные системы автоматизации представляет собой значительный сдвиг парадигмы. Оно обещает кардинально изменить способы сбора данных, управления оборудованием и взаимодействия между различными компонентами производственной инфраструктуры. Потенциал беспроводных решений огромен: они могут упростить развертывание новых систем, снизить затраты на кабельную инфраструктуру, обеспечить мониторинг в труднодоступных местах и повысить мобильность персонала и оборудования. Однако, промышленная среда предъявляет особые требования к надёжности, безопасности и предсказуемости передачи данных, что создаёт определённые вызовы для беспроводных технологий.

Цель данной статьи — рассмотреть ключевые аспекты применения беспроводных сетей в промышленных системах автоматизации. Мы проанализируем преимущества и недостатки таких решений, изучим основные беспроводные стандарты и технологии, используемые в промышленности, а также обсудим вызовы и перспективы их дальнейшего развития.

Методология и результаты

Преимущества внедрения беспроводных сетей в промышленности

Беспроводные технологии приносят в промышленную автоматизацию ряд существенных преимуществ, которые стимулируют их активное внедрение:

1. Снижение затрат на инфраструктуру: Отсутствие необходимости прокладки километров кабелей значительно сокращает расходы на материалы, монтаж и обслуживание. Это особенно актуально для крупных производственных площадок или объектов с постоянной перепланировкой.

2. Гибкость и масштабируемость: Беспроводные системы легко адаптируются к изменениям в производственных процессах. Добавление новых датчиков или перемещение оборудования становится значительно проще и быстрее, не требуя перекладки кабелей.

3. Мониторинг в труднодоступных и опасных местах: Беспроводные датчики могут быть установлены в зонах, недоступных для проводных систем (например, вращающиеся детали, движущиеся платформы, опасные химические среды), что позволяет собирать критически важные данные для повышения безопасности и оптимизации процессов.

4. Улучшенная мобильность: Персонал, роботы и транспортные средства могут свободно перемещаться по цеху, оставаясь подключенными к сети, что повышает оперативность и эффективность работы.

5. Оперативное развертывание: Внедрение беспроводных систем обычно занимает меньше времени по сравнению с проводными аналогами, что позволяет быстрее запускать новые проекты и модернизировать существующие.

6. Управление ресурсами и энергоэффективность: Беспроводные датчики могут предоставлять данные о потреблении энергии, состоянии оборудования, температуре и других параметрах, что позволяет оптимизировать использование ресурсов и проводить предиктивное обслуживание.

Основные беспроводные технологии и стандарты в промышленности

Выбор беспроводной технологии для промышленной автоматизации зависит от конкретных требований к пропускной способности, дальности, энергопотреблению и задержке. Наиболее распространёнными стандартами являются:

1. Wi-Fi (IEEE 802.11):

- Применение: Идеален для передачи больших объёмов данных, таких как видеопотоки с IP-камер, данные SCADA-систем, а также для подключения мобильных устройств и планшетов операторов.
- Особенности: Высокая пропускная способность, широкое распространение, но относительно высокое энергопотребление и потенциальная восприимчивость к помехам в промышленных условиях. Развитие стандартов Wi-Fi 6/6E (802.11ax) улучшает производительность в плотных средах.

2. Bluetooth (IEEE 802.15.1) / Bluetooth Low Energy (BLE):

- Применение: BLE особенно популярен для маломощных датчиков, устройств мониторинга состояния оборудования, а также для взаимодействия с мобильными устройствами в непосредственной близости.
- Особенности: Низкое энергопотребление (для BLE), простота настройки, но ограниченная дальность действия и пропускная способность.

3. Zigbee (IEEE 802.15.4):

- Применение: Широко используется для создания беспроводных сенсорных сетей (WSN) и управления устройствами, где требуется низкое энергопотребление, небольшая скорость передачи данных и возможность формирования самоорганизующихся Mesh-сетей. Примеры: системы мониторинга температуры, влажности, освещения.

- Особенности: Очень низкое энергопотребление, высокая надёжность благодаря Mesh-топологии (данные могут передаваться через промежуточные узлы), но низкая пропускная способность.

4. Z-Wave:

- Применение: Аналогично Zigbee, применяется в основном для домашней и лёгкой промышленной автоматизации, особенно для систем управления освещением, замками и датчиками.
- Особенности: Более простой протокол по сравнению с Zigbee, Mesh-сеть, низкое энергопотребление, но проприетарный стандарт, что ограничивает выбор оборудования.

5. LoRa / LoRaWAN:

- Применение: Технология LPWAN (Low-Power Wide-Area Network), предназначенная для передачи небольших объёмов данных на большие расстояния с минимальным энергопотреблением. Идеальна для мониторинга удалённых активов, счётчиков, состояния окружающей среды.
- Особенности: Отличная дальность связи (километры), сверхнизкое энергопотребление (батареи могут работать годами), но очень низкая пропускная способность и относительно высокая задержка.

6. Cellular (4G/5G):

- Применение: Для обеспечения связи на больших территориях, между удалёнными объектами, для высокоскоростной передачи данных и для критически важных приложений, требующих низкой задержки (в случае 5G).
- Особенности: Широкое покрытие, высокая пропускная способность, но значительное энергопотребление и зависимость от операторов связи. 5G с его возможностями URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communications) и mMTC (massive Machine Type Communications) обещает революционизировать промышленные беспроводные сети, обеспечивая крайне низкую задержку и подключение огромного количества устройств.

Вызовы и проблемы внедрения

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение беспроводных сетей в промышленные системы автоматизации сопряжено с рядом серьёзных вызовов:

1. Надёжность и стабильность: Промышленные среды характеризуются наличием большого количества металлических конструкций, электромагнитных помех (от двигателей, сварочного оборудования), что может вызывать затухание сигнала, прерывания связи и непредсказуемые задержки. Для критически важных систем потеря данных или задержка могут привести к авариям или простоям.
2. Безопасность: Беспроводные сети более уязвимы для перехвата данных и несанкционированного доступа. В промышленных системах утечка данных или злонамеренное вмешательство могут иметь катастрофические последствия, включая саботаж производства или кражу интеллектуальной собственности. Необходимы строгие протоколы шифрования и аутентификации.
3. Энергопотребление: Многие промышленные датчики должны работать автономно в течение длительного времени. Обеспечение низкого

энергопотребления для беспроводных устройств является критически важной задачей, особенно для датчиков, расположенных в труднодоступных местах.

4. Совместимость и интероперабельность: Наличие множества беспроводных стандартов и проприетарных решений может усложнить интеграцию оборудования от разных производителей. Необходимость обеспечить бесшовное взаимодействие между устройствами и системами является ключевой.

5. Планирование и оптимизация сети: Развёртывание надёжной беспроводной сети в условиях промышленных помех требует тщательного планирования, анализа радиочастотной среды и использования специализированного оборудования для устранения мёртвых зон и минимизации помех.

Перспективы развития

Будущее беспроводных сетей в промышленной автоматизации выглядит многообещающе. Основные направления развития включают:

- Распространение 5G: Технологии 5G, особенно её промышленные версии (например, private 5G networks), предлагают беспрецедентную надёжность, низкую задержку и высокую пропускную способность, делая их пригодными для самых критичных приложений, таких как управление роботами в реальном времени.
- Использование Edge Computing: Обработка данных ближе к источнику (на периферии сети) позволяет снизить задержки, уменьшить нагрузку на центральные серверы и повысить скорость принятия решений. Беспроводные сети будут играть ключевую роль в подключении этих периферийных устройств.
- Искусственный интеллект и машинное обучение: Интеграция ИИ с беспроводными сетями позволит создавать более интеллектуальные системы, способные к самоорганизации, предиктивному обслуживанию, аномальному обнаружению и оптимизации производственных процессов.
- Развитие стандартов безопасности: Постоянное совершенствование протоколов шифрования и аутентификации, а также разработка новых методов обнаружения угроз, будут ключевыми для обеспечения кибербезопасности промышленных беспроводных сетей.
- Гибридные решения: Комбинация проводных и беспроводных технологий, где проводные сети используются для критически важных магистралей, а беспроводные — для гибкого подключения периферийных устройств, станет распространённой практикой.

Заключение

Беспроводные сети быстро становятся неотъемлемой частью промышленных систем автоматизации, предлагая значительные преимущества в гибкости, масштабируемости и снижении затрат. Разнообразие доступных беспроводных технологий позволяет выбрать оптимальное решение для каждой конкретной задачи, будь то высокоскоростная передача видео или мониторинг удалённых датчиков с низким энергопотреблением.

Несмотря на существующие вызовы, связанные с надёжностью, безопасностью и совместимостью, активные исследования и разработки в этой

области, особенно в контексте 5G и граничных вычислений, обещают значительно расширить возможности и сферы применения беспроводных технологий в промышленности. В конечном итоге, их повсеместное внедрение приведёт к созданию более интеллектуальных, адаптивных и эффективных производственных систем, что является залогом успешного развития Индустрии 4.0 и цифровой трансформации мировой экономики.

Литература:

1. Кунгуров, А. В. Промышленные беспроводные сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 280 с.
2. Шевцов, В. В., Романов, А. И., Шевцов, С. В. Беспроводные сети: принципы, стандарты, технологии. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 416 с.
3. Голубцов, М. В. Технологии Интернета вещей: архитектура, протоколы, безопасность. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 320 с.
4. Калита, Е. В. Промышленный Интернет вещей и Индустрия 4.0: концепции и технологии. – СПб.: Проспект, 2020. – 256 с.
5. Брискин, Э. С. Промышленные сети. Учебное пособие. – М.: Форум, 2017. – 288 с.