

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СКЛАДА ТМЦ С RFID-МЕТКАМИ

© 2025 Е. С. Пискайкин

Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

В статье рассматривается архитектура программно-аппаратного комплекса для автоматизации учета товарно-материальных ценностей (ТМЦ) с использованием RFID-технологий на базе крупного российского концерна – производителя строительных материалов. Описана основная цель системы. Использование RFID технологий для автоматизации приемки и выдачи ТМЦ минимизирует человеческие ошибки и повышает скорость обработки, позволяя значительно сократить время на выполнение рутинных задач и повысить общую продуктивность.

Ключевые слова: RFID-технологии, автоматизация варэнуса, управление товарно-материальными ценностями, отслеживание в реальном времени, точность инвентаризации, ERP-системы.

Современные условия ведения бизнеса требуют высокой точности учета товарно-материальных ценностей (ТМЦ) на всех этапах – от приемки до выдачи. Пересорты, возникающие из-за человеческого фактора и ошибок при ручном вводе данных, могут привести к значительным финансовым потерям и снижению доверия к системе учета [1]. Поэтому внедрение новых цифровых технологий в систему учета ТМЦ является наиболее актуальным направлением для разработчиков.

Основная цель новой системы состоит в исключении пересортов, что достигается благодаря автоматической проверке соответствия фактического наличия товаров с

данными в базе. Это позволяет быстро выявлять и устранять несоответствия, а также значительно сокращает время обработки операций, улучшая планирование и управление запасами. Предоставляя возможность получать актуальные данные о наличии товаров в режиме реального времени, такая система будет способствовать повышению эффективности работы склада строительных материалов и снижению затрат.

Разработка программно-аппаратного комплекса для автоматического склада ТМЦ предполагает использование RFID-технологий, ключевой элемент которых показан на рисунке 1.



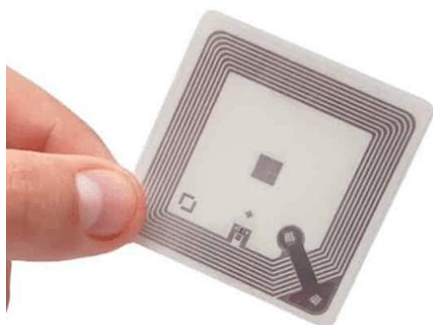
Рисунок 1 – RFID-метка как ключевой элемент RFID системы

Внедрение данных технологий позволит автоматизировать процесс идентификации и отслеживания ТМЦ [4], что обеспечит высокую степень точности.

Аппаратное обеспечение включает RFID-метки, RFID-считыватели, серверы и сетевую инфраструктуру.

RFID-метки являются основным элементом, обеспечивающим уникальную идентификацию каждого элемента ТМЦ. Эти метки могут быть пассивными и активными в зависимости от потребностей бизнеса. Оба вида RFID-меток показаны для наглядного сравнения на рисунке 2. Пассивные метки, не имеющие собственного источника питания, идеально подходят для боль-

шинства складских операций, тогда как активные метки, оснащенные батареей, могут использоваться для отслеживания более крупных объектов. Так, пассивные метки (UHF-диапазон) используются для маркировки мелких партий товаров, а активные (2.4 GHz) – для крупногабаритных объектов, таких как контейнеры [2].



Пассивная RFID-метка



Активная RFID-метка

Рисунок 2 – Визуальное сравнение видов RFID-меток

RFID-считыватели (рис. 3) устанавливаются на входах и выходах склада для автоматического считывания меток при перемещении ТМЦ. Они могут быть стационарными или портативными, что увеличи-

вает гибкость операций и позволяет проводить инвентаризацию на месте. Например, считыватели Impinj Speedway R420 и Zebra MC3330R обеспечивают гибкость операций [4].

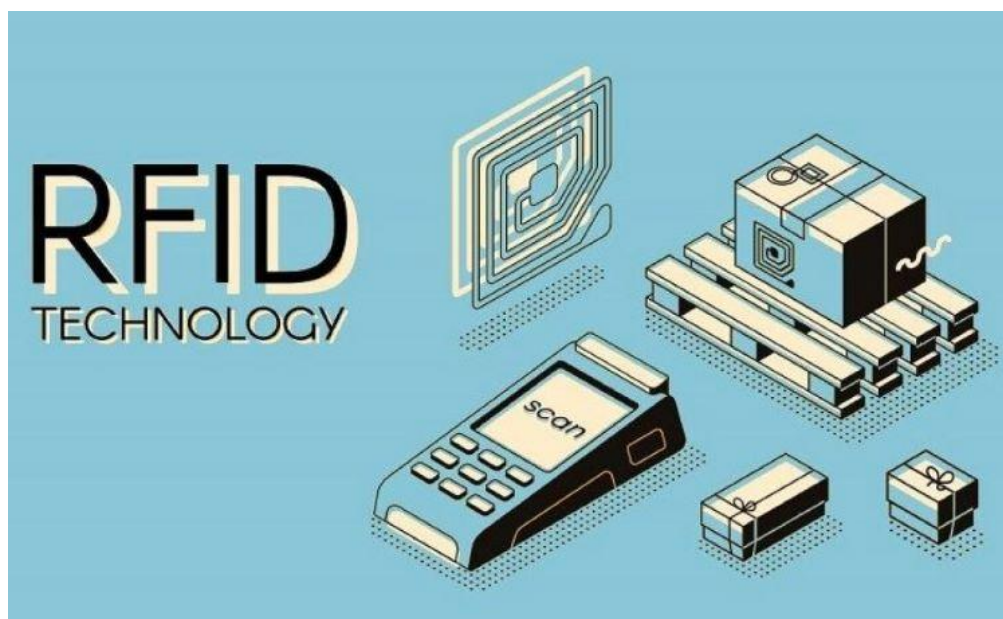


Рисунок 3 – Портативный RFID-считыватель

Установленное серверное оборудование (HP ProLiant DL380 Gen10 с многоядерными процессорами, RAID 10 или Cisco Catalyst 9500) поддерживает высокую производительность [3]. Рабочие станции с программным обеспечением для учета ТМЦ должны быть интегрированы с RFID-считывателями для обеспечения бесперебойного обмена данными. Коммутаторы, маршрутизаторы и точки доступа обеспечивают беспроводную связь между RFID считывателями и серверами. Надежная сетевая инфраструктура критически важна для работы системы в режиме реального времени.

Серверы баз данных должны обеспечивать надежное хранение и управление данными о ТМЦ, пользователях и операциях. Рекомендуются использовать многоядерные процессоры и отказоустойчивые решения для защиты данных. Использование технологий виртуализации позволяет оптимизировать использование ресурсов и обеспечи-

вает масштабируемость системы. Регулярное резервное копирование данных необходимо для предотвращения их потери, что является важным аспектом обеспечения надежности работы системы.

Архитектура программного обеспечения для автоматического склада ТМЦ с RFID-метками, схематично отраженная на рисунке 4, включает в себя систему управления складом (WMS), которая отвечает за учет, приемку, выдачу и перемещение ТМЦ, обеспечивая полный цикл управления запасами и генерируя отчеты для анализа. Интерфейс пользователя должен быть интуитивно понятным и доступным на разных устройствах, а API для интеграции с другими системами обеспечивает единую платформу для управления процессами. Мобильные приложения позволяют сотрудникам сканировать метки и управлять процессами на складе, что повышает эффективность работы.

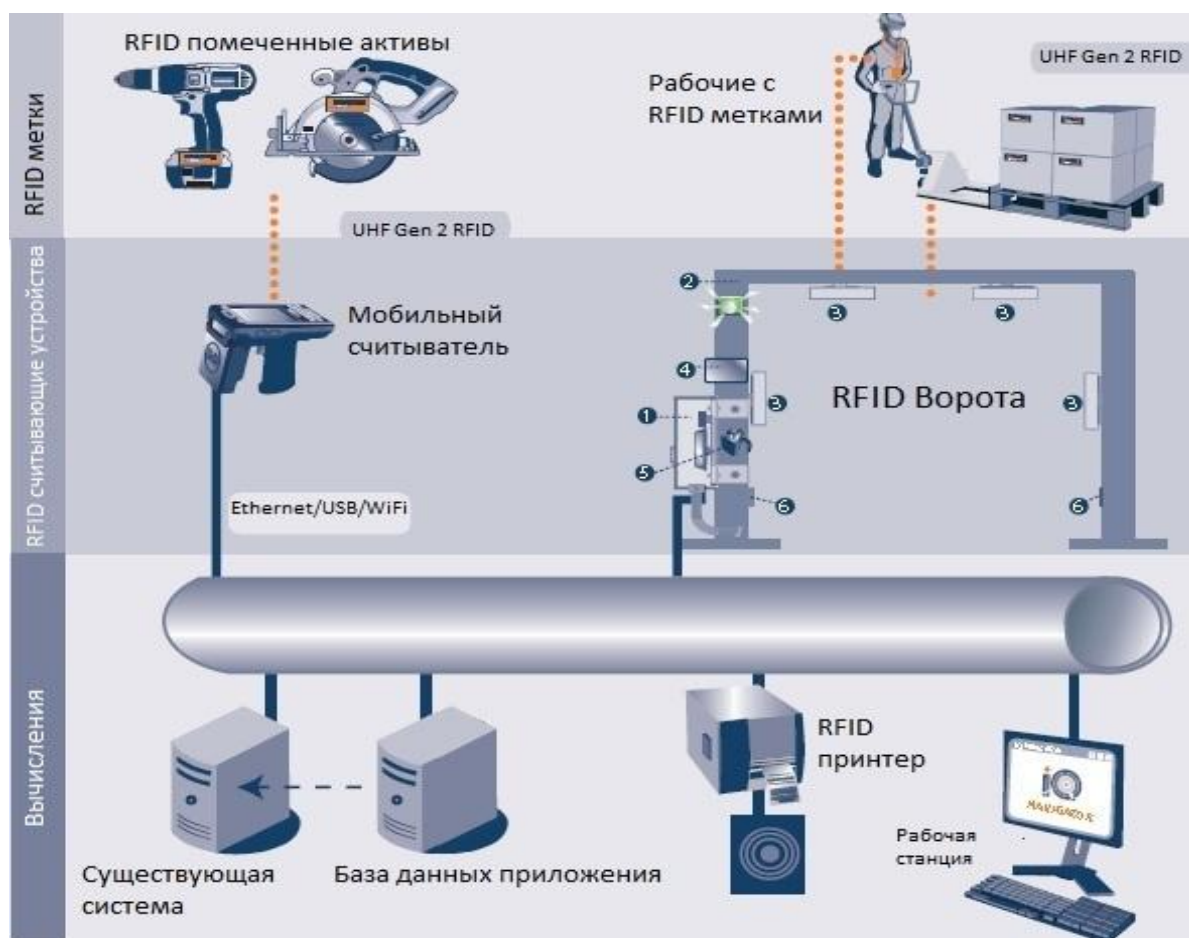


Рисунок 4 – Визуализация проекта архитектуры системы

Для разработки программного обеспечения в данной системе используются языки программирования C++, Python, JavaScript и Angular. Программное обеспечение разработано на C++ (библиотека RFIDLIB), Python (фреймворк Django) и JavaScript + Angular (веб-интерфейс) [5]. Данные хранятся в PostgreSQL 14 с репликацией Master-Slave и JSONB для метаданных. Система безопасности включает шифрование TLS 1.3, AES-256-GCM, многофакторную аутентификацию и мониторинг аномалий через ELK-стек и Snort IDS [3, 5].

C++ применяется для разработки высокопроизводительных компонентов системы, таких как обработка данных от RFID считывателей и управление низкоуровневыми процессами. Этот язык обеспечивает высокую скорость выполнения и эффективное использование ресурсов, что критично для систем реального времени. Python используется для разработки серверной части приложения, включая обработку бизнес-логики, взаимодействие с базами данных и интеграцию с внешними системами. Python обладает широким набором библиотек и фреймворков, что ускоряет процесс разработки и позволяет быстро реализовывать новые функции. JavaScript и Angular применяются для создания пользовательского интерфейса, обеспечивая интерактивность и удобство работы с системой. Эти технологии позволяют разрабатывать современные веб-приложения с высокими требованиями к пользовательскому опыту и производительности. Angular, как фреймворк для разработки одностраничных приложений, обеспечивает быструю загрузку и отзывчивость интерфейса, что особенно важно для сотрудников, работающих в условиях динамичной среды склада. С помощью JavaScript можно реализовать взаимодействие с API и динамическое обновление данных на странице, что значительно улучшает пользовательский опыт.

Для хранения данных о ТМЦ используется реляционная база данных PostgreSQL. Данная система управления базами данных (СУБД) выбрана за свою надежность, производительность и поддержку сложных запросов, что позволяет эффективно управлять большими объемами данных.

PostgreSQL обеспечивает высокую степень защиты данных и поддерживает механизмы резервного копирования и восстановления, что критично для сохранения информации о ТМЦ и операциях с ними. Использование SQL для управления данными позволяет легко выполнять транзакции и поддерживать целостность данных, что особенно важно в многопользовательской среде.

Важным аспектом архитектуры программно-аппаратного комплекса является система информационной безопасности. Она включает в себя многофакторную аутентификацию, четкое определение ролей пользователей и шифрование данных. Многофакторная аутентификация позволяет повысить уровень безопасности, предотвращая несанкционированный доступ к системе. Шифрование данных, как на уровне базы данных, так и при передаче по сети, защищает конфиденциальную информацию, что является необходимым условием для соблюдения требований законодательства и защиты данных клиентов.

Регулярный мониторинг системы на предмет несанкционированного доступа и анализ журналов операций помогают выявлять и предотвращать потенциальные угрозы безопасности. Система должна предоставлять инструменты для автоматического уведомления администраторов о подозрительных действиях и аномалиях в работе системы. Это важно для оперативного реагирования на инциденты и минимизации рисков.

Для достижения цели, которая была поставлена при разработке программно-аппаратного комплекса, необходимо не только автоматизировать процесс учета ТМЦ, но и интегрировать его в общую систему предприятия и обучить персонал [2].

Интеграция системы управления складом (WMS) с другими системами, такими как ERP, обеспечивает единый поток данных, устраняя его дублирование, и улучшает управление запасами, что позволяет избежать дублирования данных и ускоряет процессы, обеспечивая более точное планирование и прогнозирование.

Обучение персонала также является важным аспектом успешного внедрения системы. Проведение регулярного обуче-

ния для сотрудников позволяет им эффективно использовать новое оборудование и программное обеспечение. Обучение должно включать обновления по новым функциям и изменениям в системе, чтобы сотрудники могли оставаться в курсе нововведений и повышать свою квалификацию.

Апробирование системы на базе крупного российского концерна – производителя строительных материалов (тестирование на складе площадью 5000 м²) показало следующие результаты:

- точность учета ТМЦ составила 99,8%;
- сокращение времени инвентаризации с 10 до 2 часов;
- снижение пересортов – до 0,1%.

Нужно отметить, что для повышения производительности и безопасности системы необходимо регулярное обновление программного и аппаратного обеспечения. Обновления должны проводиться в плановом порядке с минимальным воздействием на операционные процессы склада. Это

позволит обеспечить актуальность работы системы и защиту от киберугроз.

Предложенная автором данной статьи архитектура программно-аппаратного комплекса для автоматического склада ТМЦ с RFID-метками обеспечивает высокую степень автоматизации и точности учета товарно-материальных ценностей. Она позволяет минимизировать ошибки, сократить время обработки операций и повысить общую эффективность работы склада. Внедрение данной системы не только улучшит процессы учета и управления запасами, но и повысит уровень удовлетворенности клиентов за счет более точной и быстрой обработки заказов. Эта архитектура создает основу для будущего роста и адаптации к изменениям в бизнес-среде, обеспечивая конкурентоспособность компании на рынке. Она также предоставляет возможности для интеграции с новыми технологиями и решениями, что позволяет компании оставаться на передовой в своей отрасли.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов А. В. Ошибки учета в российской логистике: статистика и причины // Логистика сегодня. 2020. № 4 (12). С. 56–62.
2. Петрова Е. С. Применение активных RFID-меток в промышленности // Автоматизация в промышленности. 2022. № 1 (7). С. 33–39.
3. ГОСТ Р 57580.1-2023. Информационная безопасность. Защита данных. М.: Стандартинформ, 2023. 45 с.
4. Технология RFID: компоненты, типы, принцип работы и применение. URL: <https://microkontroller.ru/technologies/tehnologiya-rfid-komponenty-tipy-princzip-raboty-i-primenenie/?ysclid=m9sbnf5ei0976051155>.
5. Документация по фреймворку Angular. URL: <https://angular-doc.ru/docs>.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN RFID-BASED HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR AUTOMATED WAREHOUSE MANAGEMENT OF MATERIAL RESOURCES

© 2025 Egor S. Piskaykin

Samara University of Public Administration
“International Market Institute”, Samara, Russia

The article examines the architecture of a hardware and software system for automating inventory control using RFID technologies at a large Russian concern producing construction materials. The main objective of the system is described. Using RFID technologies to automate the acceptance and issuance of inventory minimizes human errors and increases processing speed, allowing for a significant reduction in the time required to perform routine tasks and an increase in overall productivity.

Keywords: RFID technology, warehouse automation, material resource management, real-time tracking, inventory accuracy, ERP systems.