

DOI 10.66032/2221-2574-2026-1-3-38-44

УДК 621.396.6

СИСТЕМА МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА С РАЗДЕЛЕНИЕМ ПО МЕСТОПОЛОЖЕНИЮ ДЛЯ СВЯЗИ БЛИЖНЕГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ**Сорокин Иван Александрович**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Кондраненкова Татьяна Евгеньевна

кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Романов Павел Николаевич

старший преподаватель кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Чесноков Александр Дмитриевич

старший преподаватель кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Адрес: 606340, Российская Федерация, Нижегородская обл., г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22А.

E-mail для связи: ivansorokin@bk.ru

Аннотация: Статья посвящена разработке системы множественного доступа с разделением по местоположению для связи ближнего радиуса действия. Так как в настоящее время технологии беспроводной связи продолжают своё стремительное совершенствование: спутниковая связь и интернет в частности стали чем-то обыденным, появляются все более развитые стандарты связи (5G, 6G), повсеместное распространение получила технология сенсорных сетей и т.д. Число абонентов неуклонно растёт, что ставит перед проектировщиками новых систем связи сложную, но все-таки выполнимую задачу — обеспечить услугами связи как можно большее число абонентов при этом, используя минимально возможное количество радиосистем, т.е. организовать продуктивную систему множественного доступа. В ходе исследования авторами разработана схема размещения оборудования для организации сети множественного доступа для контроля и учёта грузооборота на складском помещении при помощи технологии RFID.

Ключевые слова: автоматизированные процессы, безопасность, RFID метки, SDMA, радиочастотная идентификация.

Введение

В настоящее время технологии беспроводной связи продолжают своё стремительное совершенствование: спутниковая связь и интернет в частности стали чем-то обыденным, появляются все более развитые стандарты связи (5G, 6G), повсеместное распространение получила технология сенсорных сетей и т.д. Число абонентов неуклонно растёт, что ставит перед проектировщиками новых систем связи сложную, но все-таки выполнимую задачу — обеспечить услугами связи как можно большее число абонентов при этом, используя минимально возможное количество радиосистем, т.е. организовать продуктивную систему множественного доступа. Исходя из этого, стал интересен вопрос о разделении данных среди групп абонентов с индивидуальным ключом.

В современных условиях часто возникает проблема управления складскими ресурсами, зачастую сложно одновременно автоматизировать процесс передачи товара и защиты данных.

Целью исследования является проектирование системы множественного доступа для комфортного обмена данными в любой части складского помещения.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели на первом этапе были изучены методы обеспечения информационной

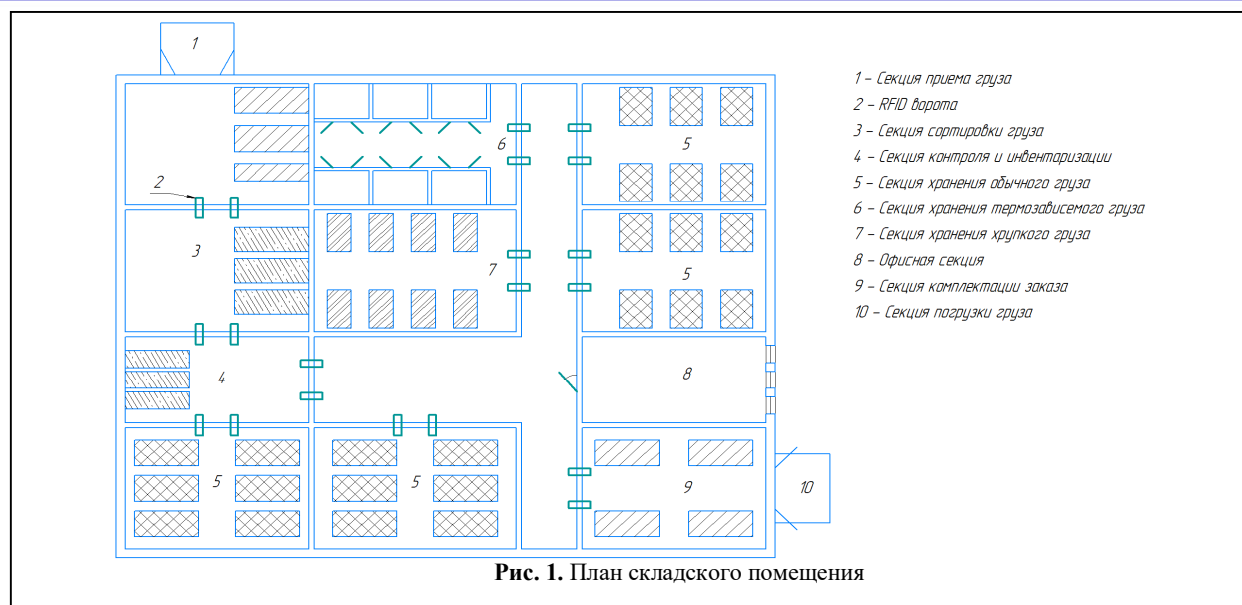
безопасности для сети множественного доступа, а также изучены работы авторов на схожие тематики.

В ходе данного исследования в качестве примера было спроектировано предполагаемое здание небольшого складского помещения (рис. 1). Предполагается, что в данном предприятии имеется необходимость в разделении зон обслуживания для не менее четырёх категорий абонентов.

Для обоснования проектирования системы защиты был выполнен анализ работ многих авторов, таких как [1–12]. Опубликованные решения были взяты за основу при написании алгоритма работы и для решения проблем, связанных с реализацией системы множественного доступа.

В работе был выполнен сравнительный анализ предложенной системы множественного доступа с разделением по местоположению и традиционных систем множественного доступа (СМД), таких как FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA (таблица 1), а также современных подходов, включая SDMA и NOMA.

SDMA использует многолучевые антенны (MIMO) для формирования диаграммы направленности. Преимущество SDMA в том, что она может обслуживать несколько пользователей в одном месте, но в разных направлениях. Предложенная система использует зону покрытия антенны и алгоритм подсчёта меток, работает с простыми антеннами и подходит для помещений с препятствиями (стеллажи, контей-



неры). Обе системы используют пространственное разделение. Предложенная система — это упрощенная версия SDMA для промышленных условий, ориентированная на функции учёта, а не связи. NOMA позволяет нескольким пользователям использовать один и тот же ресурс (время/частота) с разной мощностью и обладает высокой спектральной эффективностью. Подходит для будущих сетей 6G.

В качестве объекта проведения исследования было выбрано стандартное складское помещение, постро-

енное по доступным планам в системе автоматического проектирования КОМПАС-3D.

В моделируемом складском помещении присутствуют следующие основные секции:

1. Секция для прибытия грузов с RFID меткой.
2. Секция контроля и инвентаризации товарно-материальных ценностей.
3. Секция сортировки грузов.
4. Секции хранения различных категорий грузов.
5. Секция комплектации заказа.

Таблица 1. Сравнительный анализ систем множественного доступа

Параметр	Предложенная система	FDMA	TDMA	CDMA	OFDMA
Принцип разделения каналов	По географическому положению (до 12 м) и плотности меток	По частоте	По времени	По коду	По ортогональным поднесущим во времени/частоте
Базовая технология	RFID (UHF, 865–868 МГц)	Аналоговая/цифровая радиосвязь	Цифровые сети (GSM)	Спутниковая связь, 3G	LTE, 5G, Wi-Fi 6
Тип среды применения	Закрытые складские помещения, ближняя зона (до 35 м)	Широкополосные сети, радио	Ячейковые сети	Военные, мобильные сети	Высокоскоростные сети
Масштабируемость	Ограничена (до ~20 меток в зоне)	Средняя (ограничена полосой)	Высокая при синхронизации	Высокая (но с интерференцией)	Очень высокая
Интерференция / Коллизии	Управление через порог количества меток (>20 — блокировка)	Низкая (при хорошем фильтре)	Отсутствует при синхронизации	Высокая при большом числе пользователей	Низкая (благодаря ортогональности)
Энергопотребление	Низкое (пассивные RFID-метки)	Среднее	Среднее	Высокое	Высокое
Стоимость внедрения	Низкая – средняя (RFID-инфраструктура)	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая
Автоматизация учета	Да (основная цель — логистика)	нет	Нет	Частично	Нет
Информационная безопасность	На уровне физического доступа и ограничения зоны	Требует шифрования	Требует шифрования	Встроенная (кодированное разделение)	Шифрование на уровне протокола
Адаптивность к нагрузке	Да (порог в 20 меток активирует контроль)	нет	Нет	Ограниченная	Есть (динамическое выделение ресурсов)
Точность определения местоположения	До 12 м (по умолчанию), возможна интеграция с UWB	Низкая	Низкая	Средняя (до 1–5 м)	Средняя

6. Секция отгрузки грузов.

7. Офисная секция.

Кроме того, моделируемый складской объект должен быть оснащён следующим оборудованием: устройствами для ручного считывания, камерами на вилочных погрузчиках, стеллажами со считывающими устройствами.

Каждая из секций имеет конкретное предназначение. В помещении, куда прибывают грузы без меток, происходит маркировка и занесение в систему в соответствии с правилами хранения. Например, будут добавлены дополнительные метки и этикетки, если груз требует дополнительных условий хранения или перевозки.

В секции контроля и инвентаризации происходит классификация и обработка грузов, имеющих RFID метки, поступающие из других мест сортировки и транспортировки.

RFID-технология была выбрана в качестве основного средства отслеживания грузов благодаря следующим преимуществам:

- возможность бесконтактного считывания на расстоянии;
- высокая скорость обработки;
- надёжность в условиях промышленной эксплуатации;
- поддержка автоматизированного учёта.

В секции, где сортируется товар, происходит сортировка грузов по группам, и перемещение грузов в соответствующие зоны хранения.

В секциях хранения содержатся грузы трёх различных категорий.

В секции комплектации заказа осуществляется сбор необходимых грузов из различных категорий для отправки.

Секция отгрузки товара используется для погрузки грузов для дальнейшей транспортировки.

Офисная секция предназначена для административной работы сотрудников складского помещения.

Процесс автоматизации передачи товаров и управления складскими ресурсами часто является серьёзной проблемой. Поэтому необходимо разработать алгоритм работы системы множественного доступа. Для автоматизации учёта перемещения грузов по помещению рекомендуется использовать RFID метки.

RFID оборудование имеет обширные возможности для применения и несомненные преимущества. Система множественного доступа, посредством радиочастотной идентификации, позволит в спроектированном помещении склада:

1. Организовать эффективного учёта грузов.
2. Контролировать перемещение продукции по складу.
3. Уменьшение ошибок персонала при комплектации заказов.
4. Сокращение кадровых и прочие затрат на обслуживание склада.

Результаты исследований

Алгоритм работы системы множественного доступа представлен на рис. 2. Данный алгоритм описывает работу системы множественного доступа, основанной на методе радиочастотной идентификации.

Система работает следующим образом. При поступлении груза на склад, происходит считывание находящихся на нём меток и отправка сигнала в систему, этот этап описан в блоке 1 разработанного алгоритма. Далее осуществляется проверка груза на принадлежность к категории хранения, и отправка

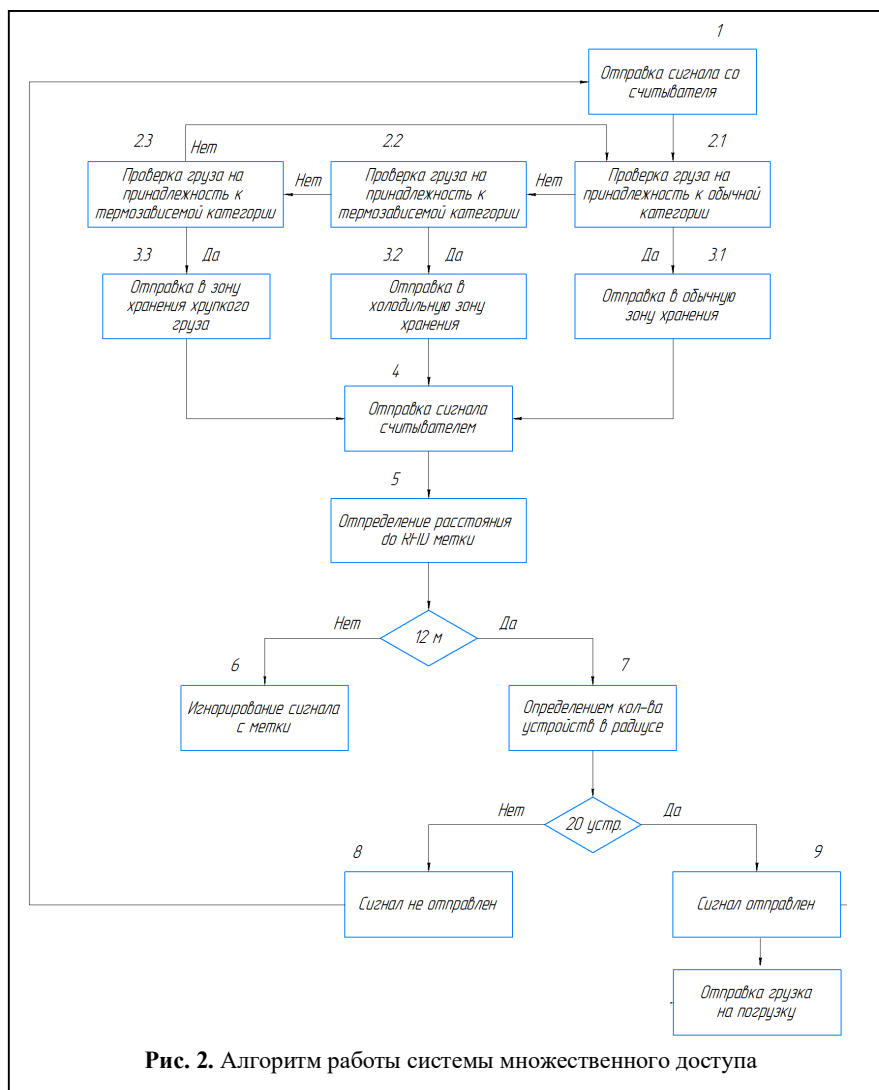


Рис. 2. Алгоритм работы системы множественного доступа

груза в соответствующую зону хранения. Эти этапы описаны в блоках 2 и 3 алгоритма. После этого происходит отправка сигнала со считывателя до RFID метки и определение расстояния до метки, необходимое для разграничения по местоположению, а именно — отбираются грузы, находящиеся в радиусе 12 м. Эти этапы описаны в блоках 4 и 5 алгоритма. Потом производится определение количества радиометок в радиусе. Этот этап описан в блоке 7 алгоритма на рис. 2.

Если система насчитает до 20 устройств, то она отправит сигнал на повторение алгоритма, если будет больше 20 устройств, то сигнал на повторение не будет отправлен. Эти этапы описаны в блоках 8 и 9 алгоритма.

Применение данного алгоритма позволит не только реализовывать верную сортировку грузов, но также осуществлять их отслеживание и хранение непосредственно в складском помещении.

Изученная схема расположения устройств в складском помещении (рис. 1) подтверждена расчётами параметров усиления передатчика для эффективной передачи информации на необходимое расстояние в моделируемом складском помещении.

Математическая часть исследования направлена на проектирование и анализ параметров радиоканала в рамках разработанной системы множественного доступа с пространственным разделением SDMA на базе технологии RFID для условий складского помещения. Моделирование охватывает расчёты коэффициента усиления антенны, оптимальной высоты подвеса антенн, затухания сигнала в канале, энергетического потенциала радиолинии, а также оценку качества передачи данных через отношение сигнал/шум и вероятность ошибки.

Коэффициент усиления направленной антенны G определяется как отношение плотности мощности излучения в главном направлении к плотности мощности изотропного излучателя при одинаковой подводимой мощности. В работе использована эмпирическая зависимость, связывающая геометрические параметры антенны с её усилением:

$$G = \frac{4\pi s}{\lambda^2} \cdot \eta, \quad (1)$$

где s — эффективная площадь раскрыва антенны, м²; $\lambda = c/f$ — длина волны несущей частоты ($f = 868$ МГц); $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света; η — коэффициент использования апертуры (в работе принят равным 0,6–0,7 на основе типовых значений для UHF-антенн).

Расчёт длины волны выполняется по формуле (2):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{868 \cdot 10^6} \approx 0,3455 \text{ м}. \quad (2)$$

Эта формула позволяет оценить усиление антенны при проектировании зоны покрытия в складском помещении.

Потери при распространении радиосигнала в свободном пространстве (Free Space Path Loss, FSPL) рассчитываются по формуле (3):

$$L_{FSPL} = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}\left(\frac{4\pi}{c}\right), \quad (3)$$

где d — расстояние между передатчиком и приёмником (в метрах); f — частота в Гц.

Для максимального радиуса действия RFID-системы $d = 12$ м и $f = 868 \cdot 10^6$ Гц:

$$L_{FSPL} = 20 \log_{10}(12) + 20 \log_{10}(868 \cdot 10^6) - 147,55 = 52,85 \text{ дБ}.$$

Учитывая дополнительные потери в помещении (отражения, поглощение стеллажами), общий путь потерь может достигать 60–70 дБ.

Энергетический потенциал определяет минимальную мощность сигнала, необходимую для надёжного приёма:

$$P_{\text{прин}} = P_{\text{перед}} + G_{\text{перед}} + G_{\text{прин}} - L_{\text{пот}} - L_{\text{каб}} - L_{\text{проч}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{прин}}$ — мощность сигнала на входе приёмника (дБм); $P_{\text{перед}}$ — мощность передатчика (дБм);

$G_{\text{перед}}, G_{\text{прин}}$ — усиление передающей и приёмной антенн (дБ); $L_{\text{пот}}$ — потери в канале (дБ); $L_{\text{каб}}$ — потери в кабеле (дБ); $L_{\text{проч}}$ — прочие потери (разъёмы, препятствия и т.п.).

Для пассивных RFID-меток важно, чтобы мощность, наведённая на метку, была достаточной для её активации (порядка –10...–15 дБм). Таким образом, система должна обеспечивать достаточный запас по мощности.

Качество канала оценивается через отношение мощности сигнала к мощности шума:

$$SNR = \frac{P_{\text{сигнал}}}{P_{\text{шум}}}. \quad (5)$$

В логарифмическом масштабе:

$$SNR_{\text{дБ}} = P_{\text{прин}} - N_0, \quad (6)$$

где N_0 — уровень шума, определяемый как:

$$N_0 = \kappa TB + F, \quad (7)$$

где $\kappa = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана; $T = 290$ К — температура; B — полоса пропускания (Гц); F — шумовая фигура приёмника (дБ).

Например, при $B = 1$ МГц:

$$\kappa TB = 10 \log_{10}(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 10^6) \approx -114 \text{ дБм}.$$

При $F = 6$ дБ, $N_0 \approx -108$.

Если $P_{\text{прин}} = -70$ дБм, то:

$$SNR = -70 - (-108) = 38 \text{ дБ}.$$

Это более чем достаточно для надёжного декодирования сигнала.

Для оценки достоверности передачи данных используется вероятность битовой ошибки (Bit Error Rate, BER). Для модуляции ASK (амплитудная манипуляция, типичная для RFID):

$$P_e = Q(\sqrt{SNR}), \quad (8)$$

где $Q(x)$ — функция ошибок:

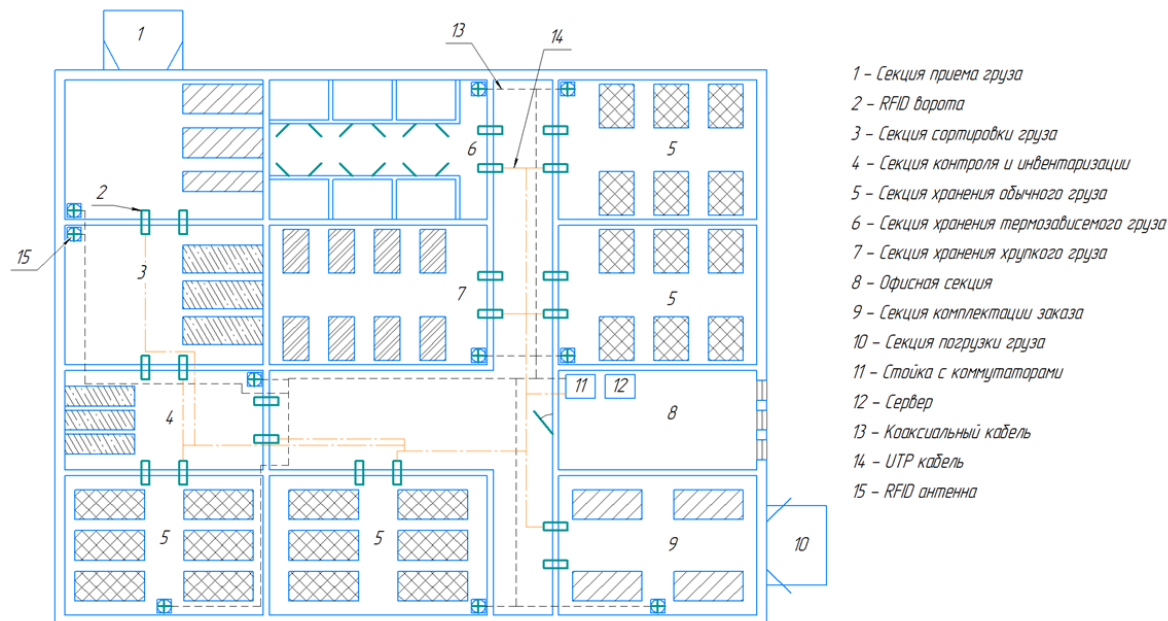


Рис. 3. Схема расположения сетевых устройств на объекте

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt. \quad (9)$$

При SNR = 38 дБ ≈ 6300 (линейный масштаб):

$$P_e \approx Q(6300) \approx Q(79,4) \approx 0.$$

Таким образом, система обеспечивает практически безошибочный приём данных.

Система реализует пространственное разделение доступа на основе географического положения (радиус действия ≤ 12 м) и порогового количества меток в зоне.

Формально, доступ разрешается только при выполнении условий:

$$di \leq d_{\max} = 12 \text{ м}, N_{\text{меток}} \leq N_{\text{порог}} = 20, \quad (10)$$

где di — расстояние от считывателя до i -й метки; $N_{\text{меток}}$ — общее количество обнаруженных меток в зоне.

Если $N_{\text{меток}}$ будет больше 20, то система блокирует повторный цикл чтения (антиколлизийный механизм), предотвращая перегрузку канала.

Определение расстояния di может выполняться методом RSSI (уровень принимаемого сигнала):

$$di = 1010n(P_0 - P_r), \quad (11)$$

где P_0 — мощность на расстоянии 1 м; P_r — измеренная мощность; n — коэффициент затухания (в помещении $n \approx 2,5 - 3,5$).

На основании представленных расчётов выполнены проектирование и исследование архитектуры сети.

Обсуждение

Авторами произведён расчёт оборудования. Для полноценной работы объекта исследования требуются следующее оборудование: 1. Сервер; 2. Коммутаторы

для контроля и получения данных с антенн; 3. Коммутаторы для контроля и получения данных с RFID ворот; 4. RFID антенны; 5. Коаксиальные кабели; 6. UTP кабели; 7. Датчики температуры и влажности; 8. Акселерометр; 9. RFID ворота; 10. RFID метки.

После того как, был определен перечень устройств, была составлена схема расположения всех сетевых устройств. Схема расположения представлена на рис. 3.

Для моделируемого объекта в работе были использованы две группы считывателей.

Первая группа — ручные RFID считыватели для учета товаров и инвентаризации. Ручные считыватели используются для инвентаризации продукции и поиска объектов с UHF RFID метками. Сами же метки могут быть установлены на различные объекты, такие как оргтехника, мебель и упаковочная тара, и содержат информацию о номерах и принадлежности объектов. Считывание происходит даже при движении и на расстоянии до 11 метров.

Вторая группа — считыватели дальнего радиуса действия. Считыватели дальнего радиуса действия являются мощными и применяются в условиях с высокими требованиями по дальности, производительности и мощности, включая производственные и территории вне помещений.

Заключение

В результате исследования была спроектирована и теоретически обоснована система множественного доступа для обмена данными в складском помещении. Предложенная система предполагает использование для работы RFID метки и различные типы считывателей. В отличие от существующих систем множественного доступа, предлагаемая система обеспечивает разделение доступа на основе динамического опре-

деления RFID-меток в условиях ближней зоны (до 12 м) с адаптивным управлением потоком данных в зависимости от плотности меток в открытом пространстве.

Предложенная система не является конкурентом классическим СМД, а представляет собой специализированное решение для автоматизации складских операций на базе RFID. Её главные преимущества:

- низкая стоимость;
- высокая надежность в промышленных условиях;
- простота внедрения;
- низкое энергопотребление (пассивные RFID-метки);
- эффективное управление данными через пространственное разделение.

В перспективе планируется интеграция предложенной системы с IoT-платформами и использование машинного обучения для прогнозирования потоков грузов.

Литература

1. Бучанова Я.А., Нагимов А.Р. Применение системы АСКО-ПВ при идентификации QR-кодирования и/или RFID-маркирования контейнеров // Вестник науки. 2024. Т. 3, №2(71). С. 504–510.
2. Быкова Ю.А. Исследование и применение технологии RFID в логистике и различных сферах деятельности человека // Проблемы развития современной экономики. 2016. №7. С. 35–38.
3. До Зуй Ньят. Исследование и применение технологии RFID (Radio Frequency Identification) // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №6(37). С. 34–37.
4. Кемаев И.А. Обзор технологий и стандартов RFID систем // Евразийское Научное Объединение. 2021. №12-1(82). С. 28–31.
5. Лавров И.В., Масюк В.М. Система управления контролем доступа // 52-я научная конференция аспиран-

тов, магистрантов и студентов БГУИР: сб. докладов. Минск: БГУИР, 2016. С. 160.

6. Масюк В.М., Мелещенко Д.И. Исследование систем автоматизации с применением RFID технологии // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11 января 2017 года. Вып. IV. Санкт-Петербург: Инновационный центр развития образования и науки, 2017. С. 10–13.

7. Мухер Г.М., Кондраненкова Т.Е. Проектирование системы защиты и контроля перемещения работников с различными уровнями доступа на предприятии // Цифровой мир: математика, технологии, связь: материалы и доклады III Всероссийской научно-практической конференции, Княгинино, 17–18 апреля 2024 года. Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 2024. С. 67–69.

8. Пат. РФ № 2333513. Антиколлизонная система радиочастотной идентификации / Багдасарян С.А., Багдасарян А.С., Гуляев Ю.В., Карапетян Г.Я., Нефедова Н.А., Никитов С.А., Николаев В.И., Николаев О.В. Заявл. 30.10.2006; опубл. 10.09.2008. Бюл. №25.

9. Пат. РФ № 2344437С2. Система радиочастотной идентификации на поверхностных акустических волнах / Багдасарян С.А., Багдасарян А.С., Карапетян Г.Я., Нефедова Н.А. Заявл. 28.09.2006; опубл. 20.01.2009. Бюл. №2.

10. Пат. РФ № 2371734С2. Метка радиочастотной идентификации объекта и система, и способ определения координат и контроля объектов / Саблин В.Н., Бурмистров Е.А., Костюков Е.В., Парамонов И.В. Заявл. 30.07.2007; опубл. 27.10.2009. Бюл. №30.

11. Пат. РФ № 2679727. Система определения местоположения объекта внутри помещения / Мельник С.В., Ермошкина Н.В. Заявл. 23.03.2017; опубл. 12.02.2019. Бюл. №5.

12. Плотников А.М. Разработка и совершенствование систем радиочастотной идентификации общего и специального назначения: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.04. Самара, 2002. 133 с.

Поступила 5 февраля 2026 г.

English

MULTIPLE ACCESS SYSTEM WITH LOCATION SEPARATION FOR NEAR-RANGE COMMUNICATION

Ivan Aleksandrovich Sorokin — PhD in Engineering, Associate Professor, «Infocommunication Technologies and Communication Systems» Department, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University.

Tatyana Evgenyevna Kondranenkova — PhD in Engineering, Associate Professor, «Infocommunication Technologies and Communication Systems» Department, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University.

Pavel Nikolaevich Romanov — Senior Lecturer, «Infocommunication Technologies and Communication Systems» Department, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University.

Alexander Dmitrievich Chesnokov — Senior Lecturer, «Infocommunication Technologies and Communication Systems» Department, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University.

Address: 606340, Russian Federation, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, Oktyabrskaya St., 22A.

E-mail: ivansorokin@bk.ru

Abstract: The article is devoted to the development of a location-based multiple access system for short-range communication. As wireless communication technologies continue their rapid advancement, satellite communication and the Internet in particular have become commonplace. More sophisticated communication standards emerge, and sensor network technology is ubiquitous. The number of subscribers is steadily increasing, posing a significant but feasible challenge to designers of new communication systems — to provide communication services to as many subscribers as possi-

ble while using the minimal number of radio systems. The authors address the challenge of efficient data exchange amidst the rapid growth in the number of subscribers and devices. The research objective is to design a system for automating cargo turnover accounting using RFID technologies in an industrial environment. A warehouse model was created, featuring designated arrival, storage, and shipping zones. The proposed system ensures access separation based on dynamic RFID tag detection within the near field, with adaptive data flow management depending on the tag density in open space. A system operation algorithm was developed, including: tag reading; cargo category verification; distance determination; device control to prevent collisions. Mathematical modeling confirmed the reliability of the radio channel: antenna gain, signal attenuation, and bit error rate were calculated. With a signal-to-noise ratio of 38 dB, error-free data reception is guaranteed. For implementation, a list of equipment is proposed: servers, switches, RFID antennas, and gates. The system advantages include low cost, energy efficiency of passive tags, and high reliability. In the future, integration with IoT platforms and the use of machine learning for cargo flow prediction is planned. The solution is specialized for logistics, providing secure control of inventory without complex telecommunication standards.

Keywords: automated processes, security, RFID tags, SDMA, radio frequency identification.

References

1. *Buchanova Ya.A., Nagimov A.R.* Application of the ASKO-PV system for identification of QR coding and/or RFID marking of containers. *Vestnik nauki.* 2024. Vol. 3, No. 2(71). Pp. 504–510.
2. *Bykova Yu.A.* Study and application of RFID technology in logistics and various spheres of human activity. *Problemy razvitiya sovremennoy ekonomiki.* 2016. No. 7. Pp. 35–38.
3. *Do Zui N'yat.* Study and application of RFID (Radio Frequency Identification) technology. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal.* 2015. No. 6(37). Pp. 34–37.
4. *Kemaev I.A.* Review of technologies and standards of RFID systems. *Evraziyskoe Nauchnoe Ob"edinenie.* 2021. No. 12-1(82). Pp. 28–31.
5. *Lavrov I.V., Masyuk V.M.* Access control management system. 52nd scientific conference of postgraduates, master's students and students of BSUIR: collection of reports. Minsk: BSUIR, 2016. P. 160.
6. *Masyuk V.M., Meleshchenko D.I.* Study of automation systems using RFID technology. *Aktual'nye voprosy tekhnicheskikh nauk v sovremennykh usloviyakh: collection of scientific papers on the results of the international scientific and practical conference, St. Petersburg, January 11, 2017. Iss. IV. St. Petersburg: Innovatsionnyy tsentr razvitiya obrazovaniya i nauki, 2017. Pp. 10–13.*
7. *Mukher G.M., Kondranenkova T.E.* Designing a system for protection and control of movement of employees with different access levels at an enterprise. *Tsifrovoy mir: matematika, tekhnologii, svyaz': materials and reports of the III All-Russian scientific and practical conference, Knyaginino, April 17–18, 2024. Knyaginino: Nizhegorodskiy gosudarstvennyy inzhenerno-ekonomicheskiy universitet, 2024. Pp. 67–69.*
8. Pat. RF No. 2333513. Anti-collision radio frequency identification system. *Bagdasaryan S.A., Bagdasaryan A.S., Gulyaev Yu.V., Karapet'yan G.Ya., Nefedova N.A., Nikitov S.A., Nikolaev V.I., Nikolaev O.V.* Appl. 30.10.2006; publ. 10.09.2008. Bull. No. 25.
9. Pat. RF No. 2344437C2. Radio frequency identification system on surface acoustic waves. *Bagdasaryan S.A., Bagdasaryan A.S., Karapet'yan G.Ya., Nefedova N.A.* Appl. 28.09.2006; publ. 20.01.2009. Bull. No. 2.
10. Pat. RF No. 2371734C2. Radio frequency identification tag of an object and system and method for determining coordinates and monitoring objects. *Sablin V.N., Burmistrov E.A., Kostyukov E.V., Paramonov I.V.* Appl. 30.07.2007; publ. 27.10.2009. Bull. No. 30.
11. Pat. RF No. 2679727. System for determining the location of an object indoors. *Mel'nik S.V., Ermoshkina N.V.* Appl. 23.03.2017; publ. 12.02.2019. Bull. No. 5.
12. *Plotnikov A.M.* Development and improvement of radio frequency identification systems for general and special purposes. PhD thesis. 05.12.04. Samara, 2002. 133 p.