

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНЫХ МОДУЛЕЙ (RFID/NFC), СПОСОБОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕДИНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Кузнецов Я.В.¹, Цапко И.В.²

¹*Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К03, e-mail: yvk41@tpu*

²*Томский политехнический университет, ИШИТР, к.т.н., доцент ОИТ, e-mail: tsiv@tpu.ru*

Аннотация

Работа направлена на исследование возможности разработки носимого устройства радиочастотной идентификации с возможностями записи, хранения и передачи данных, хранящихся на пропусках, метках и браслетах.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, электромагнитные волны, чипы.

Введение

Возможности идентификации объектов и их распознавания методами электромагнитных волн активно развиваются как в сфере В2В для логистики, идентификации и безопасности, так и для модели В2С с целью получения личного ключа или рабочего идентификатора. Это стало осуществимым благодаря недорогой технологии, отсутствию необходимости обслуживать ключ доступа (пропуск) и возможности однозначно идентифицировать объект. На данный момент эта технология используется для прохода через турникеты на работе, открывания входных дверей подъездов, раскрытия ящика с документами, а на предприятиях для решения задач логистики и идентификации объектов. Всё это порождает большое множество пропусков и ключей, работающих на разных частотах, что является крайне неудобным и делает привлекательной идею внедрять унифицированные системы, позволяющие пользователям носить только один идентификатор.

На данный момент существуют следующие выделенные частоты для общего использования: 125-134 кГц, 13,56 МГц, 860-915 МГц. Частота 2,45 ГГц для устройств RFID (Radio Frequency Identification) на территории Российской Федерации не допустима. Остальные частоты зарезервированы под военные и государственные нужды. Самые развитые системы RFID и NFC – работают в диапазоне 13.56 МГц. Второй по значимости используемый диапазон – 125-134 кГц, скорость передачи данных в этом случае меньше, однако электромагнитные волны этого диапазона наиболее устойчивы к помехам. На частотах 860-915 МГц требуется антенна несколько больших размеров и специфика использования данных частот относится скорее к производственным условиям. Разрабатываемое устройство, должно объединить в себе наиболее используемые протоколы обмена данными и частоты, и дать возможность заменить большое число систем считывания и идентификации одним унифицированным носимым ключом [1].

Целью работы является исследование радиочастотных модулей, проработка алгоритма, объединяющего диапазоны частот, и разработка носимого на запястье устройства, хранящего личные пропуска.

Способы повышения эффективности обмена информацией через радиоволны

В сфере обмена информацией чаще используют упрощенные методы передачи информации через RFID (Radio Frequency Identification) – на этой технологии идентификации объектов с использованием радиочастотных волн, были основаны дальнейшие исследования. При работе RFID-системы с помощью электромагнитных волн передают данные между RFID-считывателем и меткой [3]. При исследовании взаимодействия электромагнитных волн для RFID, были выявлены наиболее важные аспекты, позволяющие повысить эффективность технологии.

Электромагнитная совместимость

В работе рассматриваются две основные частоты: 125 кГц и 13.56 МГц. Совместимости между собой они не имеют, что не позволяет объединять различные функции, поэтому была модель двусторонней антенны (рис. 1 и 2), способной механическим движением (в корпус должен быть установлен механизм с шестерней, позволяющий снаружи корпуса прокрутить безель) моментально менять частоту. Антенна представляет собой несколько пластин с намоткой, где с каждой стороны выведены два контакта, это позволило при совместном использовании таких антенн во время

совмещения контактов (параллельное соединение) увеличить сечение проводника. При последовательном совмещении контактов, увеличивается индуктивность. При наложении таких антенн, эффективность падает на 17 %, однако данный способ позволяет создать универсальную модель для взаимодействия с вышеописанными электромагнитными полями в компактном корпусе.

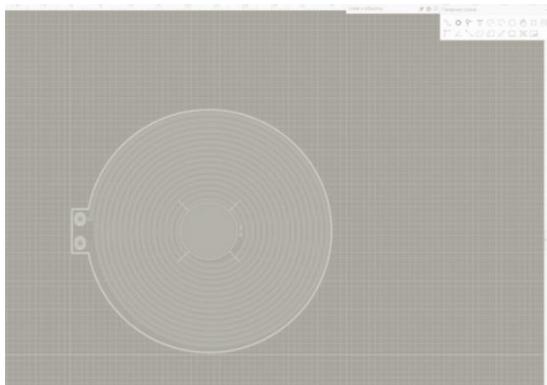


Рис. 1. Модель динамической антенны

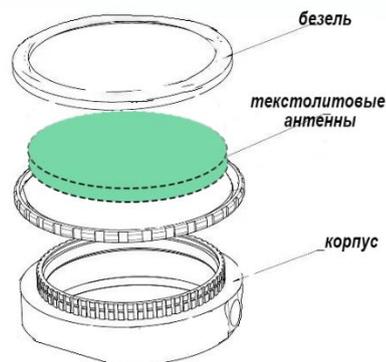


Рис. 2. Схема динамической антенны

Усиление передачи сигнала

Антенны являются ключевыми компонентами RFID-системы. Для повышения производительности и дальности считывания исследовались такие возможности, как оптимизация антенн и антенных конструкций. Антенна с ферритовой подкладкой не дает особых улучшений: дальность действия антенны возросла всего на 7-12 %. Учитывая толщину подкладки, такая схема расположения оказывается неэффективной для устройств считывания. При использовании магнитных ферритовых сердечников антенн, появилось значительное преимущество – возможность размещения нескольких элементарных антенн разных частот в компактном корпусе. Ферритовые антенны обладают высокой индуктивностью и способностью фокусировать и направлять магнитное поле. Они эффективно функционируют на низких и средних частотах, обеспечивая надежную защиту от электромагнитных помех. В процессе работы был проведен ряд тестов, по результатам которых выяснилось, что размещение катушки должно быть в центре ферромагнетика (в форме цилиндра), с максимальной плотностью витков [4].

Типы транспондеров

RFID-транспондеры, в зависимости от их характеристик, способа использования и конструкции, бывают разных типов: пассивные, активные, полуактивные, ультразвуковые.

Расчеты, проведенные в рамках исследования, показали, что для пассивных и полуактивных транспондеров достаточно энергии, передаваемой считывающим устройством, для работы на расстоянии до 6 и 15 сантиметров соответственно. Использование конденсатора емкостью 2 мкФ позволило оценить время работы в примерно 23 мс, достаточное для передачи данных одной метки со скоростью 2 кбит/с. При напряжении 3,3 В максимальный ток нагрузки составит около 2,3 мА, достаточный для питания от поля считывающих устройств и не требующий использования батареи. Однако, при частоте 13,56 МГц потребление увеличивается примерно вдвое, что требует использования дополнительного преобразователя напряжения.

Из-за технических сложностей, таких как алгоритмические сбои и изменение потребления энергии в зависимости от частоты, использование пассивных транспондеров оказалось наиболее эффективным. Они позволяют достигнуть оптимальной эффективности при минимальных затратах, что делает их предпочтительным выбором для широкого спектра приложений в области RFID-технологий.

Модуляция сигнала

Модуляция, в контексте передачи информации, представляет собой процесс изменения одного или нескольких параметров несущего сигнала в соответствии с передаваемыми данными. Этот метод играет ключевую роль в современных системах связи и передачи данных, обеспечивая эффективную передачу информации через различные типы каналов связи. Путем изменения амплитуды, частоты или фазы несущего сигнала в соответствии с информацией, модуляция позволяет кодировать и передавать данные с высокой эффективностью и устойчивостью к помехам. Различные виды

модуляции (таблица 1), такие как амплитудная, частотная и фазовая, а также их комбинации, обеспечивают разнообразные методы кодирования информации (рис. 3) для адаптации к различным условиям передачи и требованиям пропускной способности канала [2].

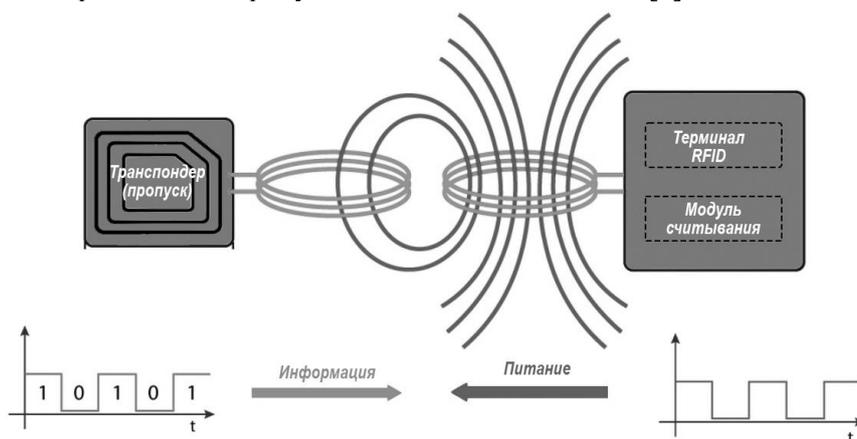


Рис. 3. Схема обмена информацией пассивного транспондера

В ходе исследования были рассмотрены три основных метода передачи данных между считывателем и RFID-меткой. Первый метод основан на отправке запросов считывателем метке с последующей модуляцией сигнала меткой при ответе. Этот подход позволяет передавать максимальное количество данных, особенно при использовании различных методов модуляции. Также выяснилось, что заземление на передатчике увеличивает сигнал на 60-80 %. Второй метод предполагает использование непрерывного сигнала, который метка прерывает своим отражением или поглощением. Однако, данная технология не подходит для носимых устройств из-за высокого энергопотребления. Третий метод основан на использовании временных протоколов и промежуточных команд для передачи данных поэтапно. Однако, для его тестирования требуется настройка специального чипа, что может замедлить передачу информации. Таким образом, самое подходящее решение – амплитудная модуляция.

Таблица 1

Способы модуляции

Способ модуляции	Описание	Преимущества	Недостатки	Показатель эффективности (бит/с/Гц)
AM	Модуляция амплитуды: изменение амплитуды сигнала в соответствии с передаваемой информацией.	Простота реализации, низкая чувствительность к шуму	Меньшая эффективность использования частоты	1 (1-0-1)
FM	Частотная модуляция: изменение частоты несущего сигнала в зависимости от передаваемых данных.	Более устойчив к шумам и помехам, широкий диапазон частот	Более сложная техническая реализация	2 (01-11)
PM	Фазовая модуляция: изменение фазы несущего сигнала в соответствии с информацией.	Эффективное использование спектра сигнала, высокая скорость передачи данных	Чувствительность к фазовым искажениям	3 (101-010)
KAM	Комбинированная амплитудно-фазовая модуляция: комбинирование AM и PM для передачи данных.	Максимальное использование спектра сигнала, высокая скорость передачи данных	Сложная настройка и обработка сигнала	4 (1011-0010)
ASK	Модуляция амплитуды с ключом: прерывание несущего сигнала в соответствии с данными.	Простота реализации, высокая эффективность использования частоты	Чувствительность к шумам и помехам	5-7 (010101-111101)

Система безопасности устройства

Для безопасного функционирования устройства и предотвращения возможных утечек данных требуется реализовать уникальный способ доступа к информации. На сегодняшний день самым эффективным способом определения личности является использование отпечатка пальца.

В ходе работы, с целью определения наиболее подходящей технологии для использования в браслете, было проведено исследование различных типов сканеров отпечатков пальцев (таблица 2).

Анализ показал, что емкостной сканер имеет лучшие результаты в работе при различных условиях, включая высокую влажность и низкие температуры. Элементы емкостного сканера оценены как недорогие, неприхотливые и энергоэффективные, тратят на 17 % меньше энергии, чем аналоги. При использовании емкостного сканера удалось получить четкое изображение отпечатка пальца при наличии 40 % его поверхности, а время распознавания составляет 283 миллисекунды.

Таблица 2

Модель комбинаций битов доступа для изменения настроек доступа чипа

Тип сканера	Точность	Скорость сканирования	Принцип работы	Преимущества	Недостатки	Энергопотребление на срабатывание (мА*ч)
Оптические	До 5 % совпадений	500 мс	Использование света для создания изображения отпечатка пальца на поверхности сканера.	Высокая точность	Чувствительность к внешним условиям (влажность, пыль)	2.5
Капацитивные	До 2 % совпадений	300 мс	Измерение емкости между сенсорами и папиллярными узорами пальца, создание изображения отпечатка.	Высокая скорость сканирования	- Более высокая стоимость по сравнению с оптическими	1.8
Ультразвуковые	До 1.7 % совпадений	200 мс	Использование ультразвуковых волн для создания трехмерной модели папиллярных узоров пальца.	Очень высокая точность	- Высокая стоимость	2.2
Термальные	До 9 % совпадений	600 мс	Измерение температурных различий между папиллярными узорами и окружающей тканью пальца.	Невосприимчивость к внешним условиям (пыль, влажность)	- Более низкая точность по сравнению с емкостными	2.0

Разработка скрипта

Для управления устройством, способным работать в разных режимах с RFID, необходимо разработать эффективный скрипт. Алгоритм реализован на языке C++, с использованием внешних библиотек. Основными параметрами при разработке стали: возможность одновременно работать на нескольких частотах, возможность сканирования чипов, возможность передачи данных с помощью электромагнитных волн, хранение данных и их обработка. Порядок работы алгоритма, следующий: при поднесении метки к устройству происходит активация чипа и антенны приема сначала одной частоты, потом другой, если сигнал от транспондера (эмулируемая метка, пропуск) получен, то выполняется считывание его данных (рис. 4). На этом этапе распознается способ кодирования и тип транспондера. Далее выделяется необходимая память и данные копируются в новый слот. В случае режима эмуляции, некоторые терминалы считывания данных, проверяют метку на подлинность, путем отправки сообщения для записи, после распознавания и обработки таких ложных сигналов, отправляются данные выбранного пропуска/метки [6].

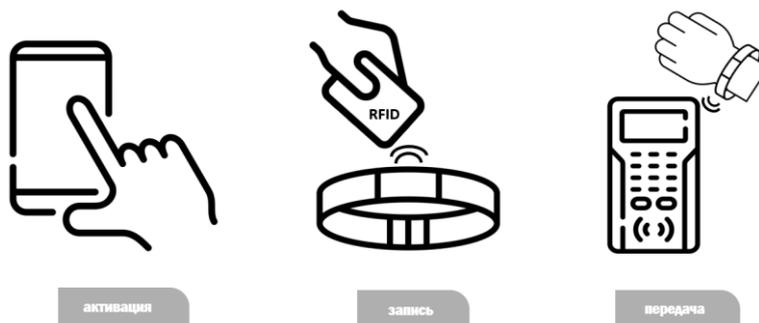


Рис. 4. Схема использования браслета

Подключение модулей

После проведенного анализа полученных результатов работы RFID, стало возможным создание прототипа устройства, сканирующего пропуска, метки, карты доступа в разных диапазонах и способного передавать эти данные на считывающие модули. Браслет включает в себя следующие основные элементы: антенна 13.56 МГц, ферритовая антенна 125 КГц, модули чтения и записи mifc 522 и rdm6300, ёмкостный сканер отпечатков, li-ion аккумулятор. При сборке необходимо обозначить каналы ввода и вывода, места подключения антенн. Полученная модель способна считывать данные с пропуска и записывать в собственный реестр, имеется возможность передачи записанных данных на терминалы считывания, управление хранилищем и возможность безопасного использования, посредством сканирования отпечатка. Часть таких функций выполняется без участия аккумулятора, благодаря использованию пассивной энергии волн, то есть индукции.

Заключение

После проведения исследований и тестов, были получены способы улучшения стандартных методов обмена информацией через RFID. Способность макета объединять разные протоколы безопасности с разными пропусками, ключами и чипами, дала возможность реализовать полноценное устройство для хранения личным ключей, карт и данных в одном месте с системой безопасности. На данный момент макет успешно прошел тесты с перезаписью и использованием личного пропуска. Также возможности становятся шире при применении в производственных отраслях, так разные внедренные системы в логистике, идентификации и безопасности, можно объединять благодаря данному устройству, что повысит эффективность в этих областях.

Список используемой литературы

1. Финкенцеллер К RFID-технологии. Справочное пособие / К Финкенцеллер. – Москва : Додека XXI век. – 2016. – 479 с. – ISBN 978-5-94120-232-4 (дата обращения: 16.04.2023).
2. Штейн Б.Б. Черняк Н.А. Однополосная модуляция с помощью фазовых схем. – М.: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1959. – 164 с. (дата обращения: 04.08.2023).

3. Бобков, А.С. Исследование возможностей технологии RFID / А.С. Бобков, И.Н. Козменков. – Текст: непосредственный // Юный ученый. – 2021. – № 8.1 (49.1). – С. 1-2. – URL: <https://moluch.ru/young/archive/49/2605/> (дата обращения: 23.11.2023).
4. Рахманов, Н.И. Применение технологий радиочастотной идентификации в автоматизации склада хранения готовой продукции на полиграфическом предприятии / Н.И. Рахманов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 29 (476). – С. 9-14. – URL: <https://moluch.ru/archive/476/105024/> (дата обращения: 11.02.2024).
5. Слисков, В.А. Сравнение видов модуляции / В.А. Слисков, М.А. Игнатовский. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 51 (289). – С. 215-217. – URL: <https://moluch.ru/archive/289/65554/> (дата обращения: 16.08.2023).
6. Рахманов, Н.И. Применение технологий радиочастотной идентификации в автоматизации склада хранения готовой продукции на полиграфическом предприятии / Н.И. Рахманов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 29 (476). – С. 9-14. – URL: <https://moluch.ru/archive/476/105024/> (дата обращения: 03.11.2023).