

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки, загальної
та прикладної фізики

\

Кваліфікаційна робота магістра
**БЕЗКОНТАКТНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ
RFID-ТЕХНОЛОГІЇ**

Спеціальності 171 Електроніка

Здобувач вищої освіти групи ЕП.м-н

Л.І. Дроздовський

Науковий керівник

д-р фіз.-мат. наук, професор

С.І. Денисов

Завідувач кафедри ЕЗПФ

д-р фіз.-мат. наук, професор

І.Ю. Проценко

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Спеціальність 171 – Електроніка, освітньо-наукова програма
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕЗПФ

І.Ю. Проценко

«02» травня 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Дроздовського Любомира Ігоровича

Тема роботи **Безконтактні інформаційні системи на основі RFID-технології**

затверджена наказом по університету від «18» квітня 2022 р., № 0270-VI _____

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 17 травня 2022 року _____

3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета) RFID-технологія – це технологія радіочастотної ідентифікації, при якій товари (об’єкти) ідентифікуються безконтактно за допомогою радіохвиль. Базовими елементами будь-якої RFID-системи є мітка (мініатюрний запам’ятовуючий пристрій), зчитувач (він зчитує та зберігає дані з мітки), а також облікова система, тобто програмне забезпечення, що накопичує та аналізує отриману з міток інформацію. Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає в огляді принципів роботи технології RFID, різновидів міток, історії її розробки та впровадження технології в виробництво, в першу чергу в Україні.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить їх розробити)

1. Порівняльний аналіз технологій ідентифікації об’єктів.
2. Фізичні принципи RFID-технології ідентифікації об’єктів.
3. Переваги та недоліки RFID-технології ідентифікації об’єктів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Слайди № 1-2. Актуальність роботи та мета.

Слайди № 3-9. Основні характеристики RFID пристроїв та сфери застосування.

Слайди № 10, 11. Розвиток RFID та перспективи технології в Україні.

Слайди № 12, 13. Висновки, публікації.

6. Дата видачі завдання 02.05.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літературних даних	до 02.05.2022 р.	<i>вик.</i>
2.	Проведення порівняльного аналізу технологій ідентифікації об'єктів	до 12.05.2022 р.	<i>вик.</i>
4.	Оформлення тексту кваліфікаційної роботи.	до 17.05.2022 р.	<i>вик.</i>
5.	Попередній захист роботи	19.05.2022 р., онлайн	<i>вик.</i>
6.	Захист роботи в екзаменаційній комісії	26.05.2022 р., онлайн	<i>вик.</i>

Здобувач вищої освіти

Дроздовський Л.І.

Науковий керівник

Денисов С.І.

РЕФЕРАТ

Мета даної кваліфікаційної роботи магістра полягала в огляді принципів роботи технології RFID, різновидів міток, історії її розробки та впровадження технології в виробництво, огляд сфер застосування. Було також розглянуто можливість використання даної технології в Україні та її застосування для автоматизації виробництва. Під час виконання роботи були використані методи аналізу інформації, порівняння та прогнозування розвитку.

У результаті проведених наукових установлено шляхом порівняльного аналізу, що технологія RFID (тобто технологія “радіочастотної ідентифікації”) значно перевершує свого головного конкурента – штрих-коди – в зручності використання, адже завдяки сигналам, які видають активні мітки, їх не потрібно сканувати при прямій видимості, це можна робити на відстані, що залежить лише від потужності зчитувача. З іншого боку, впровадження RFID технології досить дороге, і на даний час через недостачу напівпровідників повна заміна штрих-кодів поки що неможлива. Проаналізовано також найбільш перспективні напрямки використання міток в Україні.

Робота викладена на 33 сторінках і складається з трьох розділі, містить 5 рисунків, а також список використаних джерел із 19 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Радіочастотна ідентифікація (RFID), RFID мітки, Класифікація міток, Зчитувачі

ЗМІСТ

С.

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ПРИНЦИП ДІЇ ТА БУДОВА СИТЕМ НА ОСНОВІ RFID ТЕХНОЛОГІЇ	7
1.1. Вступні дані про RFID.....	8
1.2. Історія RFID та принцип роботи	9
1.3. Класифіція RFID пристроїв.....	12
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ RFID МІТОК ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ	19
2.1. Робоча частота, стійкість до магнітних завад та дальність дії	21
2.2. Вимоги до безпеки та об'єму пам'яті.....	21
2.3. Сфери застосування.....	24
РОЗДІЛ 3. РОЗВИТОК RFID ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЇ ...	27
3.1. Впровадження технології.....	27
3.2. Розвиток RFID в Україні	28
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

ВСТУП

На сам перед задамо питання, що таке RFID – це аббревіатура від «радіочастотна ідентифікація» і відноситься до технології, за допомогою якої цифрові дані, закодовані в мітках RFID або смарт-етикетках, захоплюються зчитувачем за допомогою радіохвиль. RFID аналогічний штрих-кодуванню в тому сенсі, що дані з мітки або етикетки захоплюються пристроєм, який зберігає дані в базі даних. Однак, RFID має кілька переваг у порівнянні з системами, в яких використовується програмне забезпечення для відстеження активів зі штрих-кодом. Найбільш примітним є те, що дані мітки RFID можна зчитувати за межами прямої видимості, тоді як штрих-коди повинні бути поєднані з оптичним сканером.

Зараз поступово минає час, коли людині довелося чекати в довгих касових чергах в продуктовому магазині. Тепер, завдяки технології радіочастотної ідентифікації це поступово відходить в минуле, за допомогою рішень на базі RFID вам потрібно лише заповнити кошик і вийти прямо за двері. Більше не доведеться чекати, поки касир проб'є кожен товар в корзині окремо. Замість цього RFID мітки, прикріплені до предметів, будуть зв'язуватися з RFID зчитувачем, який виявлятиме кожен товар в кошику і пробиватиме його практично миттєво. Дана технологія бере свій початок з 1937 року коли американські вчені винайшли систему свій-чужий для розпізнавання ворожих та союзних літаків.

Класифікація RFID пристроїв різноманітна. Їх поділяють за робочою частотою, джерелом живлення, типом пам'яті та типом виконання. В свою чергу мітки за джерелом живлення виділяють активні, пасивні та напівпасивні. Також зчитувачі та мітки в відповідності до завдання можуть приймати різні форми та характеристики.

Основні характеристики RFID це: робоча частота, дальність дії, стійкість до завад та об'єм вбудованої пам'яті мітки. За якими визначають в якій сфері їх можна застосовувати.

Дана технологія має безліч сфер використання:

- керування запасами

- відстеження активів
- Відстеження персоналу
- Контроль доступу до зони обмеженого доступу
- Видача ідентифікаційних карток
- Управління ланцюжками постачання
- Запобігання підробкам (наприклад, у фармацевтичній промисловості)

Метою роботи є вивчення технології порівняння з можливими аналогами огляд можливостей реалізації на підприємствах та виготовлення міток в Україні

РОЗДІЛ 1. ПРИНЦИП ДІЇ ТА БУДОВА СИСТЕМ НА ОСНОВІ RFID ТЕХНОЛОГІЇ

1.1. Вступні дані про RFID

RFID належить до групи технологій, які називаються автоматичною ідентифікацією та збором даних (AIDC). Методи AIDC автоматично ідентифікують об'єкти, збирають дані про них та вводять ці дані безпосередньо до комп'ютерних систем практично без втручання людини. Методи RFID використовують для цього радіохвилі. На простому рівні системи RFID складаються із трьох компонентів: мітки RFID або смарт-етикетки, зчитувача RFID та антени. Теги RFID містять інтегральну схему і антену, які використовуються для передачі даних на пристрій RFID (також зване запитувачем). Потім зчитувач перетворює радіохвилі більш зручну форму даних. Інформація, зібрана з міток, потім передається через комунікаційний інтерфейс в головну комп'ютерну систему, де дані можуть бути збережені в базі даних та проаналізовані пізніше (рис 1.1).

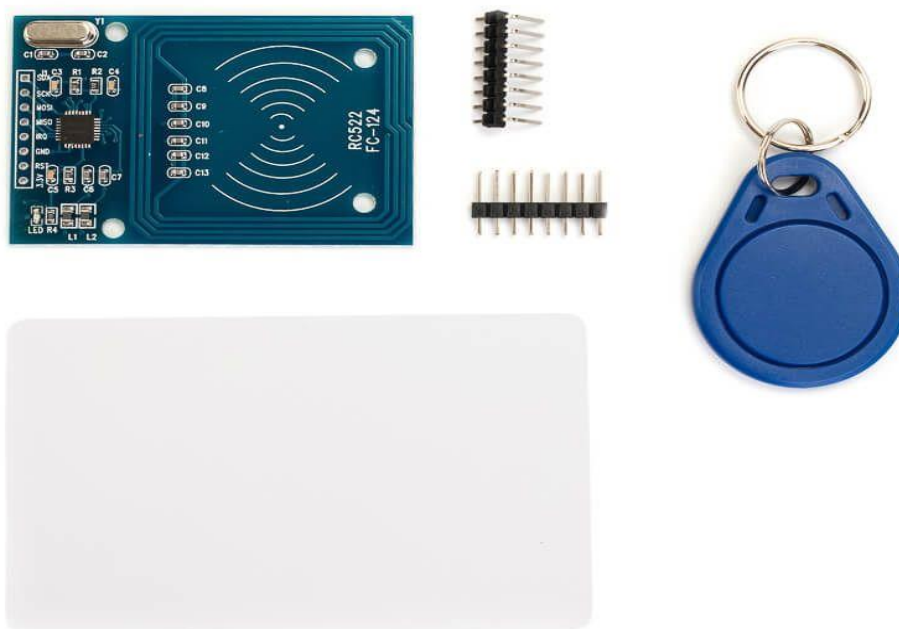


Рис. 1.1. FID модуль RC 552

Використання RFID на даний час тільки зростає. Збільшується кількість сфер використання системи. Ідентифікація особливо потрібна при проведенні ітелектуального обліку та при переміщенні об'єктів, прийнятті управлінських рішень й автоматизації роботи.

1.2. Історія RFID та принцип роботи

Технологія дуже схожа з системою розпізнавання «свій-чужий» IFF (Identification Friend or Foe), яку винайшли в Дослідницькій лабораторії ВМС США в 1937 році. IFF, яка активно використовувалася союзними військами на протязі Другої світової війни, для визначення, чужих та своїх літаків в небі. Покращені системи й досі використовують в цивільній та військовій авіації [2].

У 1945 році вчений Лев Сергійович Термен для радянського союзу винайшов пристрій, що дозволяв накласти звукову інформацію на випадкові радіохвилі. Звук спричиняв коливання дифузора, що давало змогу незначно змінювати форму резонатора, що в свою чергу модулювало відображену радіохвилю. Що правда пристрій являвся всього пасивним передавачем (так званий «Жучок»), даний пристрій відносять до одного з перших попередників RFID-технології [3].

Ще важливою віхою в використанні RFID-технології є робота вченого Гаррі Стокмана (Harry Stockman) з найменуванням «Комунікації за допомогою відбитого сигналу» (англ. "Communication by Means of Reflected Power"). Вчений говорить, що «... значні роботи з дослідження та розробки були зроблені до того, як були вирішені основні проблеми в зв'язку за допомогою відбитого сигналу, а також до того, як були знайдені області застосування даної технології».

Першою демонстрацією сучасних RFID-чипів які базуються на так званому ефекті зворотного розсіювання активних, так і пасивних, провели в Дослідницькій лабораторії Лос-Аламоса в 1973 році. Де портативний пристрій працював з частотою 915 МГц і використовувались 12-бітні мітки.

Власне патент, пов'язаний з самою назвою RFID, було видано Чарльзу Уолтону (Charles Walton) в 1983 році [4].

До 1990 року RFID розробки велися здебільшо для низьких частот, так як це було дешевше. Переваги високих частот почали застосовуватись на початку 1990 року. Експерименти проводила фірма IBM, яка випробовувала їх з допомогою компанії Wal-mart. Проте розробки продали фірмі Internece, а вже вони спромоглись її поширити.

У 1999 р. Ряд організацій створили Центр авто-ідентифікації при Массачусетському технологічному інституті. Це дозволило встановити загальні стандарти для технології.

Також Міжнародна організація зі стандартів ISO запровадила стандарти для різних елементів RFID - від міток до зчитувачів.

Ще одною важливою віхою в історії технології було, коли виробники почали серйозно сприймати RFID, і в січні 2005 року компанія Wal-Mart вимагала від своїх 100 найбільших постачальників застосовувати етикетки RFID для всіх відправлень.

Історія RFID показувала постійний розвиток технології. . Зараз RFID - це окрема технологія, яка широко використовується і демонструє величезні переваги для промисловості та суспільства в цілому [5].

Загальний принцип роботи RFID-системи досить простий: RFID-зчитувач випромінює електромагнітну енергію, а RFID-мітка приймає сигнал від зчитувача і формує свій відповідний сигнал, що приймається антеною і обробляється зчитувачем.

Зчитування унікального коду з пам'яті RFID-мітки проводиться за запитом рідера (зчитувача), формує через частки секунди радіочастотний сигнал-посилку, при попаданні її в поле дії якого, радіопозначка передає свій відповідний цифровий код (Рис. 1.2).

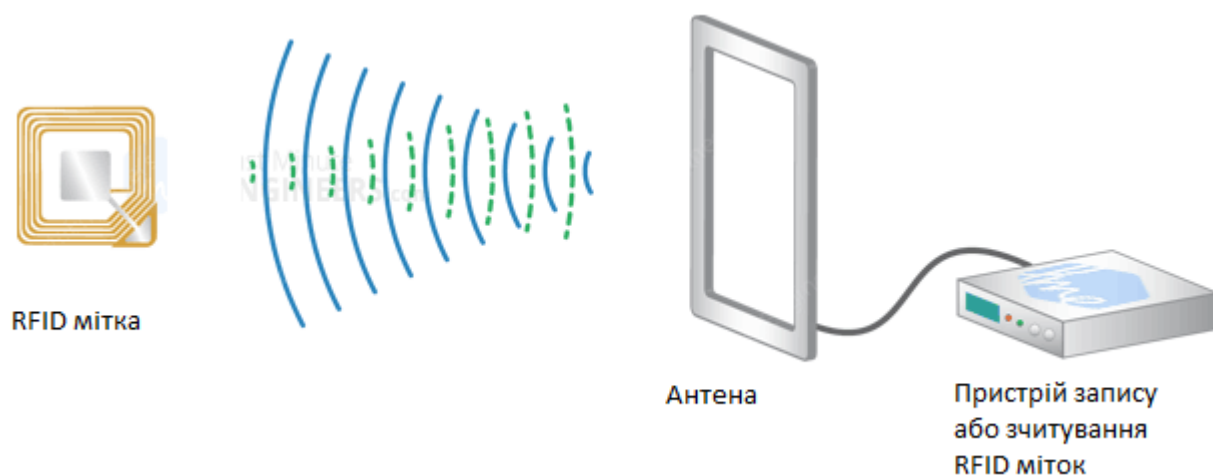


Рис. 1.2. Принцип дії RFID

Мітка RFID складається з інтегральної схеми та антени (Рис 1.3). Бірка також складається із захисного матеріалу, який утримує частини разом та захищає їх від різних умов навколишнього середовища. Захисний матеріал залежить від сфери застосування. Наприклад, ідентифікаційні бейджі співробітників, що містять RFID-мітки, зазвичай виготовляються із міцного пластику, а мітка вбудовується між шарами пластику. Теги RFID бувають різних форм і розмірів, пасивні та активні. Пасивні теги використовуються найчастіше, оскільки вони менші за розміром і дешевші в реалізації. Пасивні позначки повинні бути «включені» зчитувачем RFID, перш ніж вони зможуть передавати дані. На відміну від пасивних міток, активні мітки RFID мають вбудоване джерело живлення (наприклад, батарею), що дозволяє їм передавати дані будь-коли. Для більш детального обговорення див. Пасивні RFID-мітки та активні RFID-мітки.

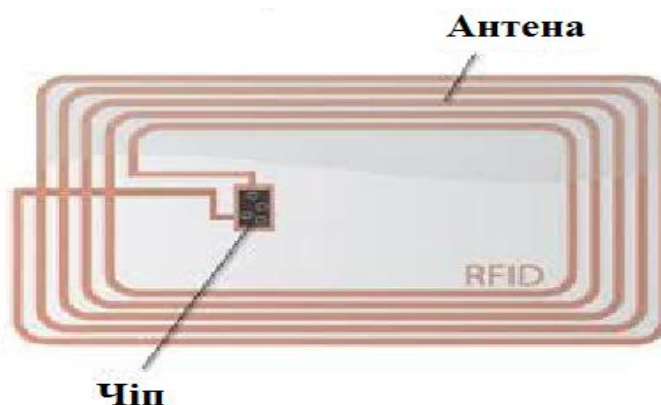


Рис 1.3. схема RFID мітки

Смарт-етикетки відрізняються від тегів RFID тим, що вони включають технології RFID і штрих-коду. Вони виготовлені з клейкої етикетки з вставкою RFID-мітки, а також можуть містити штрих-код та іншу друковану інформацію. Смарт-етикетки можна кодувати та друкувати за запитом за допомогою настільних принтерів етикеток, у той час як програмування RFID-міток вимагає більше часу та більш сучасного обладнання.

Завдання систем на базі RFID технології полягає в наступному: забезпечити зберігання інформації, яка зберігається в цифровій формі, і передати її для виконання процесів ідентифікації об'єкта. [6].

1.3. Класифікація RFID пристроїв

Сьогодні на ринку представлено безліч RFID-міток, що відрізняються частотним діапазоном (низький, високий та надвисокий). Кожен тип RFID може бути активним (з живленням), пасивним (без живлення) або напівпасивним (з живленням від батареї).

Типи RFID-міток:

- Низькочастотні (LF) RFID-мітки: від 30 кГц до 300 кГц

Мітки LF RFID мають нижчу швидкість зчитування і більш короткий діапазон зчитування, ніж UHF або HF, але менш сприйнятливі до перешкод від рідин і металів, оскільки мають велику довжину хвилі. Через це вони часто використовуються в додатках, де мітка RFID прикріплюється до металевій підкладки, наприклад, при інвентаризації пивних барил або автомобілів.

- Високочастотні (ВЧ) RFID-мітки: від 3 до 30 МГц

Мітки HF RFID мають більший діапазон зчитування та більший обсяг пам'яті, що робить їх добре підходящими для каталогізації бібліотечних носіїв або для використання у браслетах для відстеження у тематичних парках. У категорії HF RFID поширений тип смарт-етикеток: мітки зв'язку ближнього радіусу дії (NFC).

Порівняння NFC та HF RFID. Мітки NFC є підкатегорією технології HF RFID. Усі мітки NFC є мітками HF RFID, але не всі мітки HF RFID є мітками NFC. NFC працює в дуже специфічному підмножині високочастотного діапазону – 13,56 МГц

– і має дуже різні варіанти використання та міркування реалізації в порівнянні з іншими категоріями RFID.

Ключові відмінності між NFC та іншими категоріями RFID. Однією з ключових відмінностей є те, що мітки NFC мають набагато менший діапазон зчитування, часто потрібно, щоб зчитувач та мітка знаходилися на відстані не більше кількох сантиметрів один від одного. І в той час, як інші типи RFID дозволяють зчитувати цілі піддони міток одночасно, мітки NFC необхідно зчитувати по одній. Однак з великими обсягами пам'яті та можливостями двостороннього зв'язку мітки NFC набагато корисніші для зберігання та передачі великих обсягів інформації, що робить їх неймовірно цінним інструментом у рекламних кампаніях.

NFC Технологія NFC забезпечує безпечний зв'язок один до одного, що робить його корисним для додатків безконтактних платежів, таких як ApplePay™. А оскільки майже всі смартфони працюють як зчитувачі NFC, мітки NFC популярні в рекламних етикетках та плакатах, а також є гарним інструментом для персоналізованої взаємодії з клієнтами. Щоб дізнатися, як бренди використовують технологію NFC, прочитайте наші статті про застосування NFC на винних етикетках або у сфері охорони здоров'я.

Ультрависокочастотні (UHF) RFID-мітки: від 300 МГц до 3 ГГц. Мітки UHF RFID вважаються «частотою ланцюжка поставок», тому що вони, як правило, дешевші, ніж інші типи, але при цьому забезпечують хороші діапазони та швидкості зчитування. Загальні програми включають відстеження на рівні товарів, управління запасами в роздрібній торгівлі та підвищення ефективності ланцюжка поставок.

Wal-Mart, Target та Міністерство оборони (DoD) вимагають, щоб їхні постачальники постачали кожен продукт та піддон RFID-мітками. Це знижує потребу в ручній інвентаризації, оскільки одночасно можна зчитувати сотні тегів. І це дозволяє їм точніше визначати вхідні запаси, зчитуючи цілі вантажівки з продуктами за раз.

Активні, пасивні та напівпасивні RFID-мітки

- Активні мітки RFID мають батарею і періодично передають сигнали, корисні в програмах для відстеження розташування. Оскільки батарея в активних мітках може підвищити потужність сигналу, вони зазвичай мають велику дальність зчитування (до 100 метрів).

- Пасивні мітки залишаються бездіяльними, доки не отримають радіосигнал від зчитувача. Енергія сигналу зчитувача використовується для включення мітки та відображення несучої інформації сигналу назад до зчитувача.

- Напівпасивні (або працюючі від батареї) RFID-мітки містять батарею, але не передають періодичний сигнал, як активні RFID-мітки. Замість цього батарея використовується тільки для увімкнення мітки при отриманні сигналу - це дозволяє відобразити всю енергію сигналу зчитувача.

Оскільки активні мітки, як правило, набагато дорожчі, вони часто використовуються лише для відстеження дуже цінних активів, таких як обладнання у будівельній, автомобільній чи медичній галузях. Пасивні мітки, особливо надвисокочастотні (UHF) та засоби зв'язку ближнього радіусу дії (NFC), найбільш широко використовуються для маркування продуктів та піддонів.

Хоча мітки є невід'ємною частиною успіху вашого застосування RFID, вони не розповідають усю історію. Система RFID складається з чотирьох ключових компонентів: мітки, зчитувачі, антени та система обробки інформації RFID. І щоб кожен із цих чотирьох компонентів працював в ідеальній гармонії, вам необхідно заручитися підтримкою конвертера етикеток, що має досвід розгортання RFID-рішень у масштабі.

RFID-мітки та системи зазвичай мають таку класифікацію:

- За робочою частотою;
- За типом джерела живлення;
- За видом пам'яті;
- За способом виконанням;

RFID-мітки можуть вбудовуватись в наклейку або навіть бути імплантованими під шкіру людини чи тварин.

Габарити RFID-мітки залежить від розміру антени, що своїми габаритами більші від чіпів в декілька разів і визначають розміри мітки. Через велику різницю в розмірі антен мітки також мають різноманітні габарити – від мінімальної поштової марки до розміру листівок. В практиці визначено, що максимальна відстань читання пасивних чіпів може досягати від 10 см до декількох метрів. В залежності від розмірів антени та обраної частоти. На даний час компанії по всьому світу працюють над зменшенням в майбутньому ціни міток через використання масового паралельного виробництва. Alien Technology зараз використовує процеси FSA і HiSam для створення міток, в той самий час коли PISA – процес виготовлення міток від Symbol Technologies – ще стоїть в стадії розробки. Зараз виробничий Процес FSA може виготовляти до 2 мільйонів IC пластин на годину, а процес PISA в майбутньому якщо його допрацюють зможе виготовляти до 70 мільярдів чіпів за рік. Дані технічні процеси приєднують IC до міток, а ті приєднують до антен, створюючи закінчений чіп. З'єднання IC пластини та антени є чутливим процесом виробництва, з цього виходить, що за умови зменшення габаритів IC-монтаж стане найдорожчою операцією в процесі. Альтернативні методи, такі як FSA і HiSam, мають сильно зменшити собівартість чіпів. Стандартизація та масове виробництво в кінці має призвести до падіння цін на мітки в майбутньому при їх впровадженні [7].

RFID мітки також можна створювати й з полімерних напівпровідникових матеріалів. Останнім часом їх розробкою та виготовленням займається декілька компаній в світі. Мітки, які зараз створюються в лабораторних умовах і працюють на частотах 13,56 МГц, презентували в 2005 році компанії Philips (Голландія) та PolyIC (Німеччина). В майбутньому в промислових масштабах на підприємствах мітки з полімерів виготовлятимуться за методом прокатного друку (технологія, яка схожа друкування газет), що в свою чергу зробить їх собівартість на багато нижчою в порівнянні з IC мітками. Це в підсумку може запровадити те, що в більшості підприємств мітки будуть друкувати так як і звичайні штрих-коди, що в свою чергу зменшить їх ціну в декілька разів.

За типом пам'яті яку використовують RFID-мітки поділять на:

- WORM (англ. Write Once Read Many) - окрім особливого ідентифікатора дані мітки вміщують блок пам'яті одноразово записування, який також має можливість багаторазового зчитування;
- RO (англ. Read Only) – в цій мітці дані можна записувати лише один раз, при створенні мітки. Такі прибори застосовуються лише для ідентифікації. Нову інформацію записувати в дану мітку не можливо, ще на практиці їх майже неможливо підробити;
- RW (англ. Read and Write) - дані мітки мають ідентифікатор і блок пам'яті для читання або запису інформації. дані в них можна перезаписувати безліч разів.

За робочій частоті RFID поділяють на такі типи.

Мітки діапазону LF (125-134 кГц).

RFID-мітка 125 кГц. Зауважимо що пасивні прибори цієї частоти мають досить низькі ціни і зважаючи на фізичні розміри і характеристики використовують для підшкірного чіпування тварин і людей. Проте, в зв'язку з довжиною хвилі, є проблема з зчитуванням на великих дистанціях, та деякі проблеми зв'язані з можливістю появи колізій при зчитуванні.

Мітки діапазону HF (13,56 МГц) Системи 13 МГц дешеві в виготовленні, гарно стандартизовані, та мають досить широку лінію рішень. Їх застосовують в системах оплати, ідентифікації особистості та логістиці. Для даної частоти в 13,56 МГц було розроблено стандарт ISO 14443 (види A / B). На відміну від стандарту Mifare 1K, цей стандарт забезпечує система диверсифікації ключів, яка надає можливість виготовляти відкриті системи.

В основі стандарту 14443 B створено декілька десятків схем, як наприклад: система сплати проїзду в громадському транспорті в регіоні Парижу.

Проте в даному діапазоні частот існують деякі серйозні проблеми в безпеці: в них не було криптографії. У дешевих чіпів карти Mifare Ultralight, яка була введена в Нідерландах для виготовлення систем сплати проїзду в громадському транспорті OV-chipkaart, яку пізніше зламали вважалась надійнішою карти Mifare Classic.

Мітки, що працюють в діапазоні UHF (860-960 МГц). Мітки цього діапазону можуть похвалитися найбільшою дистанцією зчитування, багато стандартів цього діапазону використовують анти колізійні механізми. Спершу маючи орієнтацію на потреби складських підприємств та потреби виробничої логістики, чіпи діапазону UHF були без унікального ідентифікатора. Було задумано, що в якості ідентифікатора для даної мітки буде EPC-номер товару, який буде потрібно заносити в мітку кожним виробником окремо при виробництві. Проте досить швидко стало зрозуміло, що окрім можливості бути носієм EPC-номера товару було б добре додати мітці також можливість контролювати справжність. З цього виходить, що виникла потреба, яка суперечить сама собі: забезпечити унікальність мітки і дати можливість виробнику записати будь-який EPC-номер.

Тривалий час не було чіпів, які могли відповідати даним вимогам повністю. Випущений компанією Philips чіп Gen 1.19 мав незмінний ідентифікатор, але в нього не було жодних вмонтованих функцій для паролювання чарунок пам'яті мітки, тому дані в мітки міг змінювати хто завгодно, якщо він має потрібне обладнання. Згодом розроблені мітки стандарту Gen 2.0 отримали функцію Паролювання чарунок пам'яті (пароль на читання, на запис), але в них не було індивідуального ідентифікатора мітки, що могло дозволити створити аналогічні клони міток.

Лише, у 2008 році компанією NXP було випущено пара нових чіпів, котрі на даний час відповідають всім вище перерахованим вимогам. Чіпи SL3S1202 і SL3FCS1002 створені за стандартом EPC Gen 2.0, проте вони мають відмінність від всіх попередніх моделей тим, що поле пам'яті TID (Tag ID), в яке під час виробництва записується код типу мітки (і він в рамках одного артикулу не відрізняється від мітки до мітки), розбитий на дві частини. Перші 32 біта відведені під код виробника чіпа та марку мітки, а другі 32 біта - під ідифікаційний номер самого чіпа. Поле TID залишається незмінним і, завдяки цьому, кожна з міток являється унікальною. В нових міток є всі переваги чіпів стандарту Gen 2.0. Кожен з банків даних можливо захистити від запису або читання паролем, EPC-номер можливо записати виробником товарів в момент маркування.

У UHF RFID-системах, якщо порівнювати з LF і HF менша вартість чіпів, але вища ціна іншого обладнання.

Мітка ближнього поля (англ. UHF Near-Field), яка також являє собою радіо мітку, а якщо використовувати магнітне поле антени то це дозволить вирішувати проблему з зчитуванням за умов високої вологості, або присутність води чи металу. Дана технологія очікує початок застосування RFID-міток масово в роздрібній торгівлі товарами фармацевтики (які мають потребу контролю достовірності й обліку, проте можуть містити воду чи деталі з металу в упаковці) [10].

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ RFID ПРИСТРОЇВ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ

2.1. Робоча частота, стійкість до електромагнітних завад та дальність дії

Тепер, коли ви знаєте, як працює система RFID, настав час познайомитись із різними типами систем RFID, представленими на ринку. Залежно від діапазону частот, у якому вони працюють, ми знаходимо різні системи: низькочастотні (LF), високочастотні (HF/NFC) та надвисокочастотні (UHF).

Частота відноситься до розміру хвилі, яка використовується для зв'язку різних компонентів системи. Існуючі у світі системи RFID працюють на низькій частоті, високій частоті або надвисокій частоті. Радіохвилі розрізняються на цих частотах, і при використанні цих смуг частот є переваги або недоліки.

Наприклад, низькочастотна RFID-система має меншу пропускну здатність передачі, але збільшує можливість зчитування поблизу металів або рідин. Якщо система працює на вищій частоті, вона зазвичай передає дані швидше і на більшу відстань виявлення, але радіохвилі більш чутливі до перешкод, створюваних рідинами та металами у навколишньому середовищі.

Однак останні технологічні інновації останніх років дозволяють використовувати системи RFID UHF (надвисокої частоти) у середовищах з рідинами та металами.

Низькочастотний (НЧ) RFID

Діапазон НЧ охоплює частоти від 30 кГц до 300 кГц. Типові системи LF RFID працюють із частотою 125 кГц або 134 кГц. Ця частота забезпечує короткий діапазон читання, близько 10 см, і швидкість читання повільна. Він дуже стійкий до зовнішніх перешкод.

Типовими додатками LF є контроль доступу та вилов тварин.

Стандартні норми для систем простежуваності тварин визначені ISO 14223 та ISO/IEC 18000-2. Спектр НЧ не вважається частотою для глобальних додатків через різні частоти та потужності читання, які працюють по всьому світу.

Високочастотна (ВЧ) RFID

Діапазони частот ВЧ йдуть від 3 до 30 МГц. Більшість ВЧ-систем RFID працюють на частоті 13,56 МГц із діапазоном зчитування від 10 см до 1 м. Перешкоди помірно впливають на ВЧ-системи.

ВЧ-системи зазвичай використовуються для продажу квитків, платежів та додатків для передачі даних.

Існує кілька стандартів для HF RFID: ISO 15693 – стандарт для відстеження об'єктів; ECMA-340 та ISO/IEC 18092 призначені для NFC (комунікації ближнього поля), технології з коротким коефіцієнтом зчитування, що використовується для обміну даними між пристроями. Стандартами MIFARE є ISO/IEC 14443 A та ISO/IEC 14443, які використовуються в смарт-картах, та JIS X 6319-4 для FeliCa, який зазвичай використовується у картках із платіжними системами.

Ультрависока частота (UHF) RFID

Системи УВЧ включають діапазони частот від 300 МГц до 3 ГГц. Системи RAIN RFID відповідають стандарту UHF Gen2, який використовує частоти від 860 до 960 МГц. Існують відмінності у варіаціях між регіонами, більшість із них працюють у діапазоні від 900 до 915 МГц.

Системи зчитування UHF RFID можуть досягати більше 12 метрів, мають дуже швидку передачу даних та дуже чутливі до перешкод. Але сьогодні більшість виробників RFID-продуктів, таких як Diprole, знайшли спосіб розробляти мітки, антени та зчитувачі, що забезпечують високу продуктивність у складних умовах. Мітки UHF простіше і дешевші у виробництві в порівнянні з LF та HF. Діапазон частот зображено на (Рис 2.1)

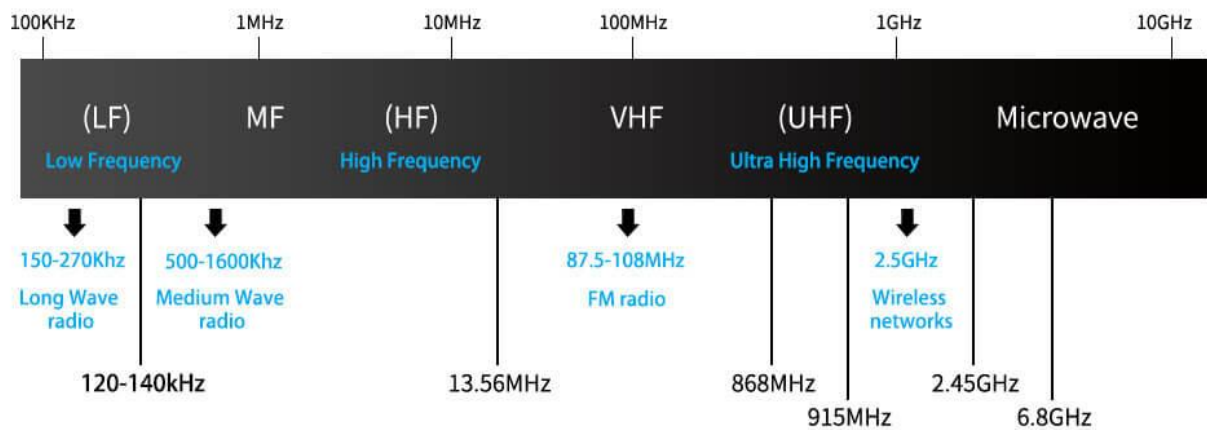


Рис. 2.1. діапазон робочих частот RFID.

Системи RAIN RFID UHF використовуються в різних областях . Від складських запасів до ідентифікації ліків захисту. Більшість проектів RFID в даний час використовують технологію UHF (RAIN RFID), що робить її найшвидшим сегментом ринку.

Частота UHF регулюється глобальним стандартом UHF EPC Global Gen2 (ISO 1800-63). Impinj та Smartrac, основні партнери Dipole RFID, є двома великими двигунами RFID у всьому світі, що розробляють універсальні рішення, щоб RFID можна було адаптувати у більшості секторів.

Ще однією важливою якістю є стійкість до електромагнітних завад, які виникають під час зварювання або створюються потужними електродвигунами. Індуктивні транспондери тут істотно програють мікрохвильовим системам. Наприклад, саме мікрохвильові системи панують на виробничих лініях і лакувальних установках в автомобільній промисловості. Цьому також сприяє великий обсяг пам'яті (до 32 Кбайт) і здатність працювати при високих температурах (до + 250 ° C).

Дальність дії, яка необхідна для конкретної системи, визначається декількома факторами: Точність позиціонування мітки. Мінімальна відстань між мітками при їх практичному застосуванні. Швидкість, з якою мітка переміщається в поле дії пристрою, що зчитує. Розглянемо, як приклад систему оплати проїзду в

громадському пасажирському транспорті. Тут швидкість позиціонування досить мала - транспондер переміщається до зчитувального пристрою рукою людини. Мінімальна допустима відстань між транспондерами відповідає відстані між двома пасажирами, які стоять в черзі на посадку в автобус.

Оптимальна дальність дії системи в такому випадку становить 5 ... 10 см, велика дальність привела б тільки до додаткових складнощів, так як в зоні дії пристрою, що зчитує одночасно могло б перебувати більша кількість транспондерів. В цьому випадку складніше було б встановити однозначну відповідність між квитком і пасажиром.

На складальних лініях автомобільних підприємств часто одночасно можуть перебувати різні моделі автомобілів з абсолютно різними габаритами.

Тому важко визначити, якою буде відстань між розташованим в автомобілі транспондером і зчитувальних пристроїв.

В цьому випадку при виборі дальності читання чи запису RFID системи необхідно враховувати максимально можливу відстань. При визначенні відстані між транспондерами слід виходити з того, що в поле дії пристрою, що зчитує завжди повинен знаходитися тільки один транспондер. Тут мікрохвильові системи завдяки спрямованості діаграми випромінювання мають помітну перевагу перед ненаправленим ізотропним випромінюванням систем з індуктивним зв'язком.

2.2. Вимоги до безпеки та об'єм пам'яті

Необхідно бути дуже уважним при визначенні вимог до безпеки даних в RFID системі. Включаючи аутентифікацію і шифрування даних, інакше ви можете зіткнутися з несподіванками на стадії реалізації або експлуатації системи. Для цього необхідно спочатку визначити, який інтерес система являє для потенційного зламника, тобто яку вигоду він може отримати від несанкціонованого доступу до грошей, або інших цінних ресурсів. З цієї точки зору ми будемо поділяти всі додатки на дві групи:

- Перша - промислові або закриті додатки;

- Друга - відкриті, публічні системи з можливістю доступу до грошових коштів та інших цінних ресурсів.

Наведемо два приклади подібних систем.

Типовий приклад системи першого типу - складальна лінія на будь-якому заводі. В цьому випадку доступ до RFID системи має обмежене число співробітників компанії і можливий повний контроль над особистостями потенційних зловмисників. Однак зловмисна зміна або фальсифікація зберігаються в транспондері даних може викликати значні збитки і порушити звичайний ритм роботи підприємства, навіть якщо зловмисник і не отримає при цьому ніякої особистої вигоди. Імовірність такого втручання в роботу системи невелика, і тому можна використовувати недорогі системи без будь-якої підтримки функцій безпеки даних.

Як другий приклад розглянемо систему електронних квитків для громадського пасажирського транспорту. У цій системі носій даних у вигляді безконтактної чіп-карти може бути придбаний практично кожним, так що коло потенційних зловмисників заздалегідь визначити просто неможливо. Успішний злом системи ідентифікації може завдати транспортній компанії значної шкоди, адже зловмисники можуть організувати продаж підроблених квитків.

Крім прямих фінансових втрат, це може погіршити й імідж компанії. Для цих програм потрібно використовувати чіпи, які підтримують аутентифікацію і шифрування переданих даних.

Основною характеристикою електронної начинки транспондера є обсяг пам'яті, використовуваної для зберігання даних. У додатках, де важлива низька вартість системи, застосовуються мітки Read-only, які не дозволяють змінювати записану в них інформацію, - тут ви можете тільки ідентифікувати об'єкт, всі інші дані по об'єкту можуть бути отримані, з центральної бази даних, де зберігається докладна інформація про об'єкт.

Якщо ж потрібно записувати дані на транспондер в процесі роботи системи, то вам необхідний транспондер з пам'яттю типу EEPROM або RAM.

Пам'ять типу ЕЕРКОМ частіше застосовується в системах з індуктивним зв'язком, зазвичай така пам'ять має об'єм від 16 байт до 8 Кбайт.

Для використання пам'яті RAM необхідно постійно забезпечувати хживлення для мікросхеми пам'яті, інакше дані будуть втрачені. Така пам'ять застосовується в мікрохвильових системах, її об'єм зазвичай становить від 256 байт до 64 Кбайт.

2.3. Сфери застосування

Для захисту товару від підробок при виробництві, або упаковці його маркують спеціальними радіо мітками, щоб покупці могли відрізнити оригінал від підробки.

Унікальну вбудовану мітку підробити неможливо, тому сам факт її наявності гарантує справжність товару з імовірністю 100%. До унікального номера мітки в базі даних може бути прив'язана будь-яка інформація, наприклад інформація про те коли і де зроблений даний товар. Навіть, якщо ідентифікатор вдасться підробити в базі даних він присутнім не буде. Що означатиме, що це підробка.

Ніякі інші технології захисту оригінальних товарів з тих, що використовуються сьогодні, не працюють так ефективно.

Для покупців є можливість перевіряти справжність товару, за допомогою смартфона. І отримувати повну інформацію про товар.

Громадський транспорт Однією з найбільш привабливих можливостей для використання RFID систем, особливо для безконтактних карт, є їх застосування в громадському пасажирському транспорті.

Транспортні організації по всьому світу часто працюють з великими збитками, іноді дефіцит може становити до 40% від обороту компанії, і цей дефіцит, як правило покривається за рахунок державних коштів. Тому в даному випадку ми маємо як мінімум двох зацікавлених в вирішенні проблеми високої собівартості. У Франції держава так сильно хоче змінити ситуацію пов'язану із збитковістю залізничних компаній, що готова змиритися з багатотисячними демонстраціями.

Тому, транспортним компаніям необхідно розробити довгострокові заходи по скороченню дефіциту шляхом скорочення витрат і підвищення рентабельності.

Одним з найбільш серйозних кроків в боротьбі з витратами може стати широке використання безконтактних RFID карт в якості електронних засобів оплати проїзду. Саме поліпшення організації оплати проїзду надає найбільші перспективи для підвищення ефективності роботи транспортних підприємств.

Роздрібна торгівля. Технологія ідентифікації товарів, що продаються за допомогою штрих-коду активно застосовується в торгівлі вже кілька десятиків років.

Технологія RFID яка приходить їй на зміну має низку переваг, найголовніша з яких - безконтактна, і високошвидкісна ідентифікація.

Зазвичай в сегменті роздрібною торгівлі вдосконалюють:

- Відвантаження товарів зі складу;
- Приймання товарів у магазині;
- Інвентаризація товару в магазині.

Застосування RFID в роздрібній торгівлі, має масу плюсів, але перш ніж продати що-небудь, потрібно це зробити. Процес виробництва в більшості випадків не менш складний ніж процес продажу.

Основні можливості застосування RFID для оптимізації виробництва це - зниження витрат і поліпшення безпеки.

Провідні виробничі компанії вже використовують RFID для відстеження складських запасів напівфабрикатів, готової продукції, інструментів та багато чого іншого, розташування транспортних засобів і робітників.

Сфера послуг має багатогранні можливості для автоматизації, які з'являються з приходом RFID технології. Вже реалізовані проекти по автоматизації целюлозно-паперової промисловості.

Впровадження RFID дозволяє досягти - автоматизації процесів приймання, сортування і відвантаження об'єктів майна, відстеження їх місцезнаходження, оптимізації завантаження виробничих потужностей і зниження впливу "людського фактора".

RFID на складі дозволяє знизити втрати палет і інших транспортних товарів багаторазового використання, а також автоматизувати керування ними.

Дозволяє відстежує місце розташування як тари так й самих товарів.

Лікарні використовують засновану на радіочастотній ідентифікації систему отримання інформації про пацієнта (дані пацієнта, діагноз, алергії і т.д.) в реальному часі. Для цього використовується одноразовий браслет, який одягається на руку пацієнта та не знімається до його виписки з лікарні.

Крім цього клініки застосовують такі рішення, щоб керувати розміщенням пацієнтів, здійснювати контроль за використанням медичного обладнання та автоматизувати інші робочі процеси.

Системи RFID в бібліотеках використовується для прискорення видачі та прийому книг, а також для вдосконалення системи безпеки. Автоматизація процесів видачі, повернення і вибуття книг з бібліотечного фонду дозволяє істотно скоротити, час обслуговування читачів на (Рис 2.2.) можна побачити розподіл сфер застосування та отримані прибутки постачальників технології станом на 2014. [14].

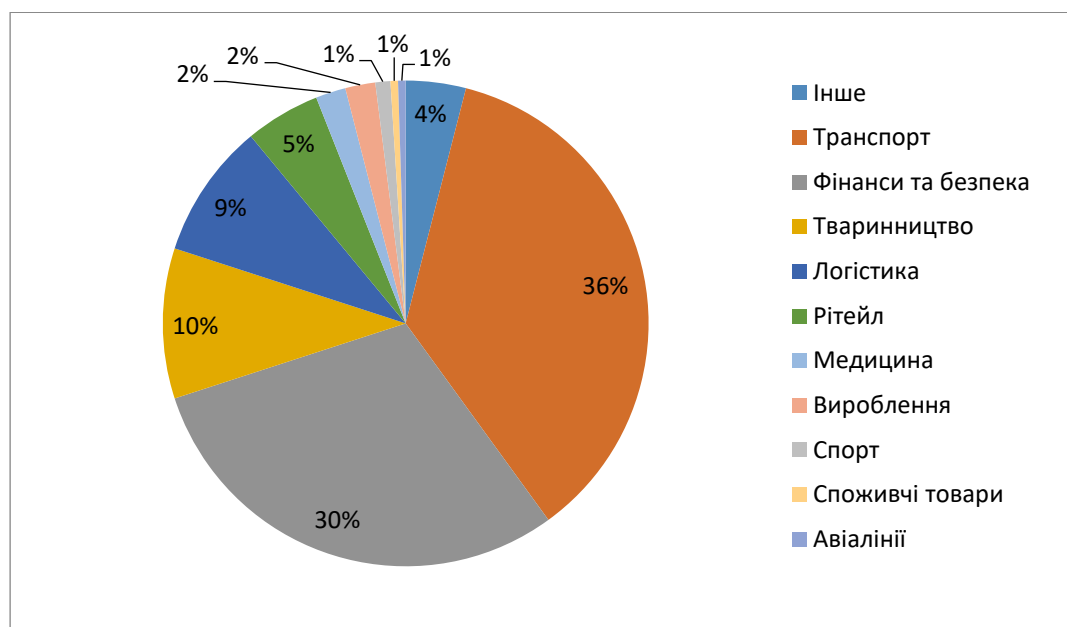


Рис 2.2. розподіл сфер впливу технолій RFID по прибутку на 2014 рік

РОЗДІЛ 3. РОЗВИТОК RFID ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ

3.1. Впровадження технології

Вже протягом кількох десятиліть у тематичній літературі порушується питання: чи зможе технологія радіочастотної ідентифікації замінити штрихкод чи ні? З Свого часу з появою технології RFID очікувалося, що вона значно збільшить ефективність управління виробничими процесами, матеріальними потоками у сферах логістики та транспорту, роздрібній торгівлі та інших галузях економіки. Ці переваги аргументували тим, що в порівнянні з популярною технологією штрих-коду радіочастотна мітка радіоканальна, має довгий термін служби і може працювати в різних умовах експлуатації, а також має певний обсяг пам'яті, інформація в якій може перезаписуватися кілька разів. В результаті очікувалося значне розширення областей застосування RFID у порівнянні з технологією штрих-коду. Так, наприклад, на думку експертів, у галузі управління логістики система RFID може бути використана як для маркування окремих одиниць вантажу, так і цілих палет, що дозволяє на відстані до кількох десятків метрів рахувати інформацію про сотню об'єктів одночасно; крім того, мітками можуть бути відмарковані палето місця з метою автоматичного повідомлення водія навантажувача про правильність розміщення вантажу. Це лише кілька варіантів використання розглянутої технології у сфері логістики. На сьогоднішній день спектр застосування технології є досить широким і залежить як від технічних характеристик запропонованого рішення, так і від фантазії замовника та інтегратора. Однак, якщо ця технологія настільки перевершує за технічними параметрами існуючі аналоги, у чому ж причина її такого повільного розвитку, адже початком впровадження RFID-технології на громадянський ринок вважається початок 2000-х років? Для відповіді на запитання розглянемо короткий огляд ринку RFID. На думку експертів, сумарний показник кількості проданих міток з 1943 по 2014 р. склав 26 млрд. шт., причому 25 млрд. шт. їх – пасивні. Популярні напрямки впровадження RFID-міток з 1943-го по 2014 р. Згідно зі звітом компанії IDTechEx

у 2014 р., загальний обсяг ринку RFID склав \$8,89 млрд. порівняно з \$7,7 млрд. у 2013 р. та \$6,96 млрд. у 2012 р. Цей показник включає обсяги продажів на ринках міток, зчитувачів та програмного забезпечення, а також іншого додаткового обладнання. За прогнозами, 2024 р. ринок зросте до \$27,3 млрд. Найбільш популярним на сьогоднішній день є напрямок з маркування одягу (впроваджено 3 млрд. міток у 2014 р.), на другому місці знаходяться рішення для транспорту (700 млн. міток у 2014 р.). Загалом у 2014 р. було продано 6,9 млрд. міток порівняно з 5,8 млрд. у 2013 р. Якщо розглянути розподіл обсягу споживання ринку у вартісному вираженні, то найбільшу кількість коштів у цю технологію нині вкладають у сфері транспорту (~\$3 млрд.), і навіть фінансів та безпеки (~\$2,5 млрд.). Обсяг споживання в галузі логістики налічує приблизно \$0,8 млрд.

3.2. Розвиток RFID в Україні

За прогнозами, у 2024 р. ситуація дещо зміниться і найперспективнішим для продажу напрямом буде ритейл, потім транспорт. Частка споживання в логістиці знизиться до 6%, що, швидше за все, пов'язане із загальним зростанням обсягів споживання інших галузях

Незважаючи на тривалу історію розвитку RFID-технології, її використання в Україні досі перебуває на початковій стадії. Активне просування технології на вітчизняному ринку почалося в 2005–2006 рр., коли компанії-інтегратори стали не лише пропонувати рішення на базі RFID, а й вести активну маркетингову політику щодо їх просування, організовуючи публікацію статей, виставки та семінари, створюючи інтернет-портали. Незважаючи на підвищення поінформованості споживача про технологію, рівень її впровадження виявився нижчим, ніж очікували виробники та інтегратори. В результаті, якщо проаналізувати активність просування технології після 2006 року, наступний пік спостерігався лише у 2012 році, коли компанії-споживачі стали поступово виходити з кризи та шукати нові шляхи підвищення конкурентоспроможності на ринку.

Оцінити обсяг українського ринку RFID-технології досить складно, основними причинами цього є: по-перше, небажання компаній-виробників та

інтеграторів ділитися інформацією, щоб уникнути додаткової конкуренції; по-друге, складність в ідентифікації імпортного обладнання у зв'язку із широким класифікатором кодів ТН ЗЕД, які можуть використовуватися при ввезенні комплектуючих та готових виробів для RFID-систем. Проте, за словами експертів, обсяг ринку у 2012 р. перевищив показники 2010 р. на 45%. В даний час на ринку спостерігається спад у зв'язку з економічними обставинами, що склалися. Частина планованих до реалізації проектів поки що заморожена до кращих часів.

Для проведення оцінки вітчизняного ринку використовувався як метод анкетування компаній, що працюють в Україні, так і інтерв'ювання ключових співробітників великих українських компаній, що займаються поширенням цієї технології.

В даний час на ринку присутні два основні види технології радіочастотної ідентифікації: кремнієва (напівпровідникова) та технологія, заснована на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ). Перша найбільш популярна і широко використовується, друга поки що зустрічається тільки в пілотних проектах. Крім того, у рамках напівпровідникової технології також існують відмінності, пов'язані з принципом роботи мітки. Практичний досвід показав, що в даний час споживачі не до кінця обізнані про існуючі на ринку особливості продукції, через що виникають значні проблеми при впровадженні RFID-систем.

В даний час на вітчизняному ринку існує кілька основних видів компаній, що пропонують RFID-обладнання: дистрибутори (не займаються безпосередньо впровадженням обладнання), інтегратори (займаються побудовою комплексних рішень), виробники (частково займаються впровадженням обладнання, що розробляється). Сьогодні в Україні представлено велику кількість закордонного обладнання. Досі відсутнє серійне виробництво вітчизняних UHF-чипів для міток (власний дизайн та розробка). При виробництві міток Українські компанії часто використовують чіпи американської компанії NXP. При розгляді імпорту слід зазначити, що найбільш популярним на ринку є обладнання американських компаній. Європейське обладнання найчастіше дорожче, внаслідок чого покупці не завжди зупиняють на ньому свій вибір. Азіатське обладнання ділиться на два типи:

більш якісне та дороге – Гонконг та Південна Корея – і більш дешево та найчастіше використовуване для простих рішень – Китай. Українське обладнання поки що не таке популярне, як закордонні аналоги.

Аналіз існуючої ситуації на вітчизняному ринку RFID свідчить, що найбільш популярними областями впровадження є логістика, виробництво та контроль доступу. Також варто відзначити фармацевтику та ювелірну промисловість. До останнього часу ще одним успішним напрямком були бібліотеки, в яких впровадження RFID-технології підтримувалося державою. Сьогодні державні програми фінансування у цій галузі закінчуються, цим спостерігається зниження інтересу інтеграторів і виробників до цього напрямку.

В даний час існують всі передумови для розвитку технології радіочастотної ідентифікації в Україні – первісне ознайомлення споживачів, успішні пілотні проекти, вітчизняні виробники, а найголовніше – державна підтримка як у фінансовому плані, так і в області розміщення замовлень. Аналізуючи досвід європейських країн, можна припустити, що, якщо подальший розвиток RFID в Україні піде в цьому ж руслі, у найближчі 5 років очікується суттєве розширення областей застосування технології та зростання її споживання.

ВИСНОВКИ

1. Завдання систем на базі RFID-технології полягає в наступному: забезпечити зберігання інформації, яка зберігається в цифровій формі, і передати її для виконання процесів ідентифікації об'єкта. До складу систем на базі RFID-технології входять: Антена для прийому і передачі сигналу (виносна або інтегрована в моноблок); Пристрій, що зчитує (RFID зчитувач, тобто рідер); RFID-мітка для зберігання інформації.

2. Принцип роботи RFID полягає в створенні міток, які зберігають інформацію яку, зчитує рідер та передає і приймає інформацію. Коли мітка потрапляє в зону дії зчитувача він приймає інформацію та передає її далі на комп'ютер зі спеціальною програмою для подальшої обробки та зберігання інформації.

3. Основні характеристики пристроїв даної технології, такі як частота, дальність дії, стійкість до завад, безпека та об'єм пам'яті мітки, можуть змінюватися в залежності від завдання.

4. Розглянуто можливість впровадження та реалізації даної технології в Україні. Зараз на більшості підприємств використовуються штрих-коди, які потребують прямого контакту при зчитуванні і, як наслідок, мають низьку швидкодію при ідентифікації товару.

5. Проаналізована можливість виготовлення вітчизняних міток. Зазначено, що їх використання могло б мати значний економічний ефект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Максим Власов. RFID: 1 технология – 1000 решений: Практические примеры использования RFID в различных областях. — 2014. — 218 .
2. Сандип Лахири. RFID. Руководство по внедрению – The RFID Sourcebook / Дудников С.. — М.: Кудиц-Пресс, 2007. — 312 с.
3. RFID History [Электронный ресурс] / : <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/rfid-radio-frequency-identification/development-history.php>
4. Маниш Бхуптани, Шахрам Морадпур. RFID-технологии на службе вашего бизнеса . 2007. — 290 с.
5. Т. Шарфельд (с Приложениями И. Девиля, Ж. Дамура, Н. Чаркани, С. Корнеева и А. Гулари). Системы RFID низкой стоимости . — М., 2006.
6. Клаус Финкенцеллер. Справочник по RFID. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. — 496 с.
7. RFID мітки ультимативний гід по вибору [Электронный ресурс] / : <https://securityrussia.com/blog/rfid-metki.html#87>.
8. Принципи роботи систем на базі RFID технології [Электронный ресурс] / : <http://asupro.com/gps-gsm/system/principle-work-systems-based-on-rfid.html>
9. А. Вичугова RFID [Электронный ресурс] / : <https://www.bigdataschool.ru/wiki/rfid>.
10. RFID технологія: що це таке. Застосування RFID [Электронный ресурс] / : <https://www.1cbit.ru/blog/rfid-tekhnologiya-chto-eto-takoe> .
11. Radio Frequency Identification (RFID) [Электронный ресурс] / : <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/electromagnetic-compatibility-emc/radio-frequency-identification-rfid>.
12. What is RFID and How Does RFID Work? [Электронный ресурс] / : <https://www.abr.com/what-is-rfid-how-does-rfid-work>.
13. RFID-Technology [Электронный ресурс] / : <https://www.smart-tec.com/en/auto-id-world/rfid-technology>.
14. Walmart и прошлое, настоящее и будущее RFID

[Электронный ресурс] / : <https://www.abr.com/walmart-rfid-past-present-future/>

15. В. Jones August 29, 2006 RFID Programming Made Simple and Cheap

[Электронный ресурс] / : <https://www.developer.com/microsoft/dotnet/rfid-programming-made-simple-and-cheap>.

16. Understanding the confusing world of RFID tags and readers in access control

[Электронный ресурс] / : <https://www.nedapidentification.com/insights/understanding-the-confusing-world-of-rfid-tags-and-readers-in-access-control>.

17. Системи охорони здоров'я : виклики та можливості Редактор(и): Сондес Шаабан , Этьен Кузен , Філіп Визер 2022 г. с. 115-125. Моделирование на интерактивной столе RFID с материальными объектами будущих условий труда: перспективы внедрения в больничном секторе.

18. RFID and sensor integration standards: State and future prospects Tomás López Computer Standards & Interfaces.

19. RFID and sensor integration standards: State and future prospects Tomás López Computer Standards & Interfaces .