

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри
_____ Скарга-Бандурова І.С.
« ____ » _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НА ТЕМУ:

Бездротова система моніторингу промислового об'єкту

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”
Спеціальність 123 “Комп’ютерна інженерія” (освітня програма - “Комп’ютерні системи і мережі”)

Науковий керівник роботи:

(підпис)

Г.Ф. Кривуля

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Я.О.Критська

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

В.А. Голдін

(ініціали, прізвище)

Група:

КСМ-163м

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 123 “Комп'ютерна інженерія” (освітня програма - “Комп'ютерні системи і
(шифр і назва)
мережі”)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____
I.C. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 20 ____ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Голдіну Валерію Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Бездротова система моніторингу промислового об'єкту

керівник проекту (роботи) Кривуля Геннадій Федорович, д.т.н., проф.
(прізвище, м. 'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» 10 2018 р. № 208/48

2. Строк подання студентом роботи 21.01.2018

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики,
тип моделі – бездротова сенсорна мережа, топологія мережі – зірка,
організація передачі даних – датчик, Raspberry Pi, wi-fi

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Бездротові сенсорні мережі для промислових об'єктів, вибір пристрою управління, вибір елементної бази для моніторингу промислових об'єктів, способи бездротової передачі даних в промислових пережах, програмна та апаратна реалізація системи моніторингу, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Електронні плакати

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я.О. ст. викл. кафедри КНІ		

7. Дата видачі завдання 18.10.2017

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літературних джерел і обґрунтування актуальності	10.09.2017-15.09.2017	
2	Розробка технічного завдання	16.09.2017-22.09.2017	
3	Вибір пристрою управління та елементної бази	23.09.2017-25.09.2017	
4	Апаратна та програмна реалізація системи моніторингу	26.09.2017-06.10.2017	
5	Розробка частини проекту "Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях"	07.10.2017-13.11.2007	
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	14.11.2017-30.11.2017	
7	Оформлення автореферату	01.12.2017-31.12.2017	

Студент

_____ (підпис)

Голдін В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Кривуля Г.Ф.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Голдін В.А. Бездротова система моніторингу промислового об'єкту.

Метою атестаційної роботи є дослідження проблеми спостереження за промисловими об'єктами шляхом періодичного вимірювання і оцінки інформативних параметрів, що прямо або опосередковано характеризують їх стан.. В якості основного елемента вузла зв'язку обраний мікроконтролер Raspberry Pi, розроблений програмний код для управління сенсорними датчиками, збору і передачі інформації за допомогою мікроконтролера Raspberry Pi. Результатом роботи стала бездротова сенсорна мережа на основі керуючого пристрою Raspberry Pi з комплектуючими сенсорними датчиками, що дозволяє вести моніторинг промислових об'єктів.

Ключові слова: аномалія, WLAN, мікроконтрорлер, датчик, моніторинг, SoC, Raspberry Pi.

THE ABSTRACT

Goldin V.A. Wireless monitoring system for an industrial facility.

The purpose of the thesis work is the studying the problem of observing industrial objects by periodically measuring and evaluating informative parameters that directly or indirectly characterize their state.. As the main communications node element selected microcontroller Raspberry Pi, the code is designed to control the touch sensors, collection and transmission of information via Raspberry Pi microcontroller. The result of the work became the wireless sensor network based on the control Raspberry Pi device components with sensors that allows to monitor industrial facilities.

Key words: anomaly, WLAN, microcontrollers, sensors, monitoring, SoC, Raspberry Pi.

АННОТАЦИЯ

Голдин В.А. Беспроводная система мониторинга промышленного объекта.

Целью аттестационной работы является исследование проблемы наблюдения за промышленными объектами путем периодического измерения и оценки информативных параметров, которые прямо или косвенно характеризуют их состояние .. В качестве основного элемента узла связи выбран микроконтроллер Raspberry Pi, разработанный программный код для управления сенсорными датчиками, сбора и передачи информации с помощью микроконтроллера Raspberry Pi. Результатом работы стала беспроводная сенсорная сеть на основе управляющего устройства Raspberry Pi с комплектующими сенсорными датчиками, позволяет вести мониторинг промышленных объектов.

Ключевые слова: аномалия, WLAN, микроконтрорлер, датчик, мониторинг, SoC, Raspberry Pi.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 БЕЗДРОТОВІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ	8
1.1 Бездротова сенсорна мережа	8
1.2 Стандарти бездротових сенсорних мереж	9
1.3 Архітектура бездротових сенсорних мереж.....	10
1.4 Обробка даних.....	12
1.5 Передача даних	13
1.6 Функціональні особливості бездротових сенсорних мереж промислових об'єктів	14
1.7 Програмне забезпечення бездротових сенсорних мереж	15
1.8 Виявлення аномальних значень на промислових об'єктах.....	16
1.8.1 Типи розкиду даних.....	18
1.8.2 Варіація динамічних даних	20
1.9 Відмовостійкість системи на промислових об'єктах	23
1.10 Постановка задачі.....	24
2 ВИБІР ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ.....	25
2.1 Raspberry Pi.....	25
2.2 Введення, обробка і виведення даних	28
2.3 Інтерфейси.....	28
2.4 Переваги мікрокомп'ютера Raspberry Pi над іншими мікроконтролерами.....	31
3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ	33
3.1 Датчик інфрачервоного випромінювання	33
3.2 Датчик диму MQ-2.....	33
3.3 Інфрачервоний датчик руху.....	35
3.4 Фоторезистор.....	36
3.5 Датчик Холла	37
3.6 Датчик температури і вологості DHT11.....	37
4 СПОСОБИ БЕЗДРОТОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ПРОМИСЛОВИХ МЕРЕЖАХ.....	39
4.1 Загальні відомості про промислових мережах.....	39
4.2 Бездротові мережі WPAN	42
4.3 Bluetooth	46
4.4 ZigBee	47
4.5 Wi-Fi	58

5 ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	63
5.1 Взаємодія датчиків з мікроконтролерної платформою Raspberry Pi та опис відповідного програмного рішення.....	64
5.1.1 Підключення датчику ІЧ-випромінювання до Raspberry Pi.....	64
5.1.2 Підключення датчику диму MQ-2 до Raspberry Pi.....	65
5.1.3 Підключення інфрачервоного датчику руху до Raspberry Pi.....	67
5.1.4 Підключення фоторезистору до Raspberry Pi.....	68
5.1.5 Підключення датчику Холла до Raspberry Pi.....	69
5.1.6 Підключення датчику температури і вологості до Raspberry Pi.....	70
5.2 Відправка email повідомлень з Raspberry Pi	72
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	76
6.1 Аналіз умов праці в приміщенні офісу	76
6.2 Промислова безпека в приміщенні офісу.....	80
6.3 Виробнича санітарія.....	81
6.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	85
6.5 Охорона навколишнього природного середовища	87
6.5.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища	87
6.5.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі	88
6.5.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі.....	89
ВИСНОВКИ	90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	91
ДОДАТОК А. Електронні плакати	95

ВСТУП

В наші дні сенсори знаходяться практично всюди. Ми сприймаємо їх як належне, в сучасному суспільстві вони присутні в наших смартфонах, автомобілях, на заводах контролює викиди вуглекислого газу і навіть у моніторингу землі, ґрунтові умови в виноградниках. Хоча здається, що сенсори стали з'являтися зовсім недавно, дослідження бездротових сенсорних мереж (БСМ) почалося ще в 1980-е роки, і лише з 2001 року викликала підвищений інтерес з боку промислових підприємств і різноманітних досліджень. Цей інтерес був викликаний завдяки недорогим, малопотужним і мініатюрним компонентів, такі як процесори, радіоприймачі, датчики, які часто були інтегровані на одному чіпі (система на кристалі (SoC)). Ідея Інтернету речей (IoT) була розроблена паралельно до (БСМ). Термін "Інтернет речей" був створений Кевіном Ештоном в 1999 і відноситься виключно здатні ідентифікувати об'єкти і їх віртуальне представлення "подібної Інтернету" структурі. Ці об'єкти можуть бути чим-небудь від великих будівель, промислові підприємства, площини, автомобілі, машини, будь-який вид товарів, частини більшої системи до людських обиденностям, тварини і рослини, і навіть визначають специфічні частини їх тел. Поки в Інтернеті речей немає своєї власної технології спілкування, технології бездротового спілкування будуть грати більшу роль, і зокрема (БСМ) буде поширюватися в безліч додатків і галузей. Дані бездротові системи досить добре вписуються для моніторингу маленьких і великих промислових об'єктів, яка включає в себе технічне і програмне забезпечення для вирішення завдань з дистанційного виявлення несправностей або моніторингу стану будь-якого промислового об'єкта. Бездротові сенсорні мережі включають в себе датчики, які характеризуються тривалим часом роботи, мережевими можливостями, надійністю і недорогий вартістю.

Такі пристрої дають можливість створювати системи контролю, які безперервно постачають інформацією про стан якого-небудь об'єкта, що обслуговується. Крім збору інформації з датчиків над ними так само може бути проведена безпосередня обробка, яка через графічний інтерфейс буде здійснюватися диспетчером. Бездротова передача інформації від датчика до керуючого обладнання доступна на багато сотень метрів, так як передається через 3G/Інтернет/Wi-Fi/ Bluetooth пункт управління і обробки інформації. Настільки швидка передача дозволяє своєчасно виявити несправності або відмови механізмів на основі контролю виробничих параметрів: температура, тиск, вологість, загазованість, освітленість і т. д.

Пунктом управління у даних системах виступають мобільні пристрої, на які надходить інформація про стан пристроїв і процесах, що відбуваються на об'єкті, з подальшим контролем та можливістю регулювання. Приміром, в охоронних системах використовується інфрачервоні датчики руху, коли вони спрацьовують інформація з датчиків зчитується мікроконтролером Raspberry Pi який в подальшому передає її через інтернет на сервер, де вона і зберігається, додаток, пов'язане з даним сервером за певними протоколами, отримує інформацію, яку оператор може обробляти за допомогою свого мобільного пристрою, наприклад при спрацьовуванні сигналізації включити віддалену камеру щоб записати або просто оглянути відбувається на певній ділянці.

Метою магістерської атестаційної роботи є дослідження проблеми спостереження за промисловими об'єктами шляхом періодичного вимірювання і оцінки інформативних параметрів, що прямо або опосередковано характеризують їх стан.

В якості **об'єкта дослідження** розглянуто бездротову сенсорну систему з метою аналізу та моніторингу промислових об'єктів.

Для досягнення поставленої мети **необхідно**:

- визначення поняття аномалії на промислових об'єктах, способи виявлення аномалій;
- виконати огляд літератури за вибором комплектуючих вузла зв'язку для промислового об'єкта;
- розробка програмного коду для зчитування та передачі даних з вузла зв'язку на контрольний пункт;
- виконати програмування контролюючого пристрою Raspberry Pi для управління сенсорами промислового об'єкта з метою моніторингу та збору даних про стан об'єкта.

Публікації. Основні результати магістерської роботи доповідались на Міжнародній науково-практичній конференції «Майбутній науковець – 2017», та на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Електронні апарати та системи. Проблеми створення. Перспективи розвитку».

Практичне значення: Розроблено програмний код для управління сенсорними датчиками, збору і передачі інформації за допомогою мікроконтролера Raspberry Pi.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, переліку джерел посилань, додатку. Загальний обсяг становить 103 сторінки, 12 таблиць, 42 рисунки.

1 БЕЗДРОТОВІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Бездротова сенсорна мережа

У сучасному світі технології бездротового зв'язку дуже сильно прогресують в області виробництва мікросхем, які дозволили за останні роки перейти на новий етап у питаннях розробки та впровадження розподілених комунікаційних систем - бездротових сенсорних мереж.

Бездротові сенсорні мережі (рис. 1.1) (wireless sensor networks - WSN) - це сукупність автономних, мініатюрних обчислювальних пристроїв або сенсорів, розподілених на деякій відстані і підтримують зв'язок між собою.

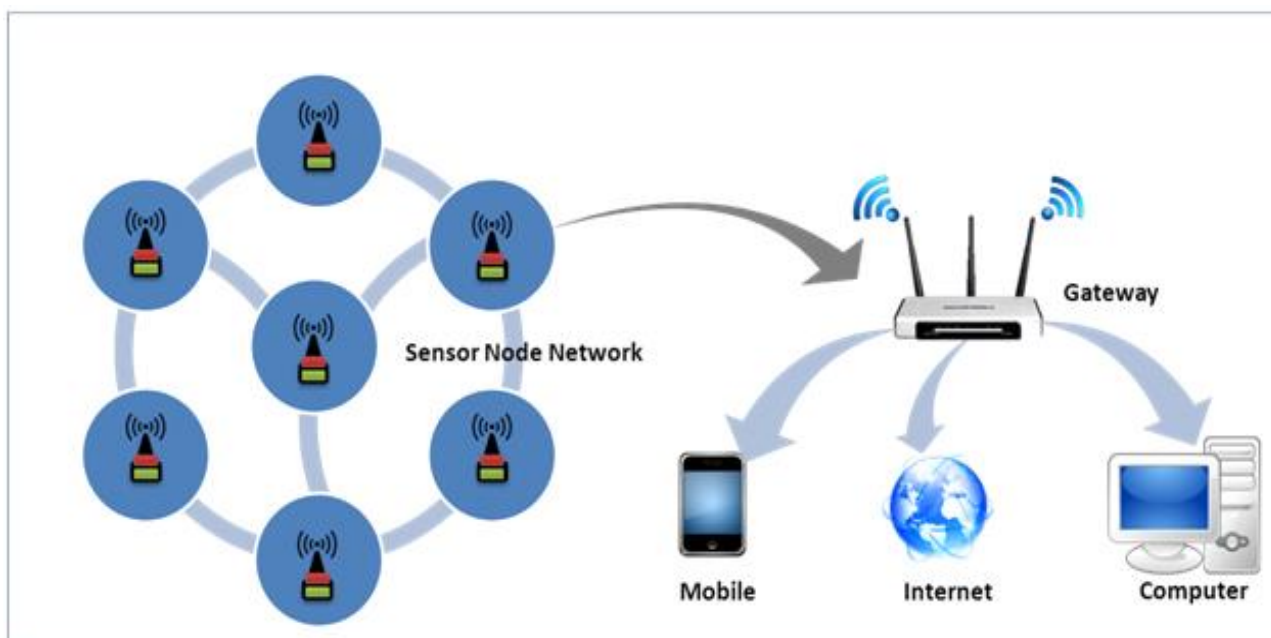


Рисунок 1.1 - Приклад бездротової сенсорної мережі

Комунікаційними пристроями є плати розміром трохи більше банківської карти, на якій розміщені процесор і флеш пам'ять, цифрових і аналого-цифрові перетворювачі, Wi-Fi адаптер і т. д. Розвиток таких мереж спочатку просувалося завдяки військовим положенням для спостереження за деякими ділянками поля бою. Бездротові сенсорні мережі в наш час маю дуже поширену аудиторію, вони використовуються в різноманітних областях життєдіяльності, таких як контроль трафіку на дорогах, моніторинг різних промислових об'єктів, моніторинг навколишнього середовища, охорона здоров'я і т. д.

1.2 Стандарти бездротових сенсорних мереж

В бездротового зв'язку серед відомих технологій виділяють здебільшого такі як: Wi-Fi, Wi-Max, Bluetooth Wireless USB і ZigBee. Технологія ZigBee спочатку була призначена для роботи з промисловими об'єктами.

Кожна технологія по-своєму унікальна і має унікальні характеристики для роботи в певних областях. Аналіз показує, що такі технології призначені обслуговувати комп'ютери та пристрої мультимедіа, вони оптимізовані передавати величезні обсяги даних на високих швидкостях в топології "точка-точка" з великою кількістю вузлів щоб реалізувати складну промислову мережу. У технології ZigBee присутні досить посередні показники швидкості передачі інформації, так само вузли знаходяться на невеликій відстані, але якщо дивитися з промислової точки зору, то ця технологія має свої переваги для використання в промислових цілях, такі як:

- система орієнтована на використання розподіленого мульти-мікропроцесорного управління для отримання даних з сенсорів, мініатюрні пристрої, що споживають мало енергії і процесорних ресурсів, є визначальним фактором;

- система стійка до несправностей, в ній надана можливість самоконфігурації із складною топологією, кажучи іншими словами, мережа автоматично шукає різні шляхи передачі інформації через найближчі робочі пристрої у тому випадку, якщо деякі сенсори виходять з ладу, так само якість зв'язку між цими пристроями дуже високе, воно визначається на апаратному рівні;

- система автоматично приводиться в робочий стан при подачі на нього живлення, що забезпечує її масштабованість;

- надійність системи гарантована її можливістю змінювати маршрут подачі даних, при збоях або інших непередбачуваних неполадки;

- система здатна шифрувати повідомлення використовуючи механізм шифрування AES-128, який виключає можливість несанкціонованого перехоплення повідомлень.

В експлуатаційному плані основними відмітними особливостями БСМ є вимоги сталого функціонування в умовах динамічних змін в топології мережі, з-за переміщення сенсорів, автономне електроживлення та істотні обмеження у енергоспоживанні і обчислювальної продуктивності вбудованих у вузли мережі мікропроцесорів, пам'яті, трансіверів та інших мікроелектронних компонентів. При цьому в теж час умови функціонування БСМ передбачають передачі невеликих об'ємів інформації з малою швидкістю. Враховуючи запити ринку телекомунікацій в специфічній області моніторингу та управління об'єктами за допомогою бездротового зв'язку під егідою IEEE (Institute of

Electrical and Electronics Engineers) у 2003 році була випущена офіційна специфікація IEEE 802.15.4, що отримала статус стандарту. За планами розробників, новий стандарт повинен був забезпечити дальність з'єднання, порівнянну з WiFi, але при цьому мати менше енергоспоживання за рахунок низької швидкості передачі даних. У ряді найважливіших завдань також забезпечення роботи в режимі реального часу з використанням тимчасових слотів, запобігання колізій доступу і комплексна підтримка захисту мереж. Сумісні зі стандартом 802.15.4 пристрої повинні мати можливість керування витратою електроенергії і контролю якості з'єднань. З травня 2007 року сертифіковані пристрої 802.15.4, потужність випромінювання яких не перевищує 10 мВт на відкритій місцевості і 100 мВт в приміщенні.

1.3 Архітектура бездротових сенсорних мереж

Вузли зв'язку в мережі, як показує практика, розташовані у випадковому порядку і випадковим чином, вони розосереджені по всій території зони спостереження. Кожен вузол здійснює збір інформації на певній ділянці після чого передає дані через найкоротший шлях (рис. 1.2) на центральний вузол, до пристрою користувача.

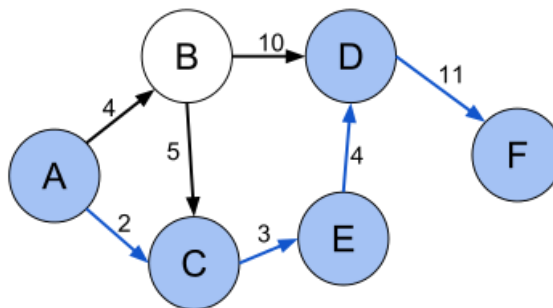


Рисунок 1.2 - Розрахунок найкоротшого маршруту передачі даних

Стек містить в собі інформацію про потужності та інформацію про маршрути, протоколах, що сприяє ефективному спілкуванню всередині бездротової сенсорної середовища.

Стек протоколів з кількох рівнів (рис. 1.3):

- рівень програми;
- транспортний рівень.
- мережевий рівень.
- каналний рівень.
- фізичний рівень.
- шар керування живленням.

- шар керування мобільністю.
- шар планування завдань.

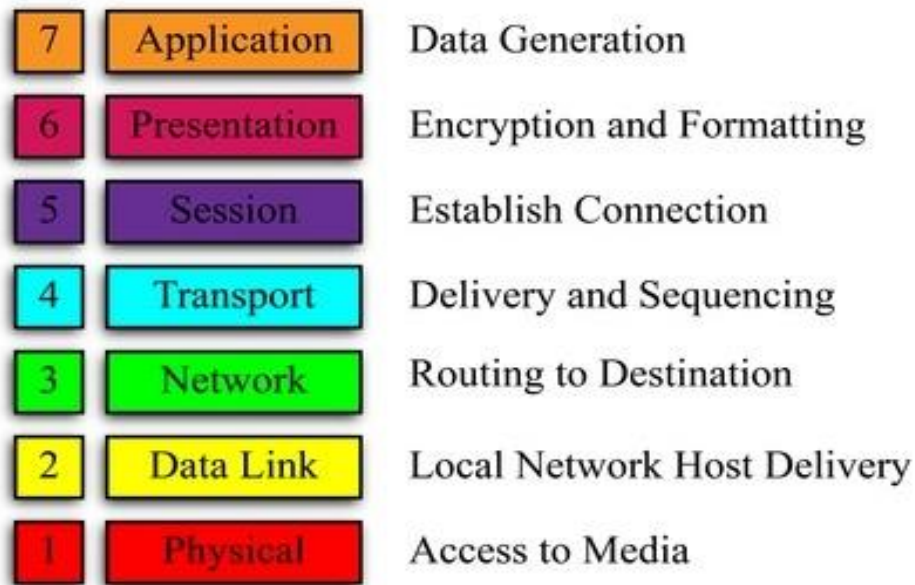


Рисунок 1.3 - Візуальне подання стека протоколів

Рівень програми залежить від певних завдань по збору інформації для якого можуть бути побудовані різні види програмного забезпечення. На транспортному рівні підтримується потік даних, маршрутизацію даних забезпечує мережевий рівень, дані на мережевий рівень приходять з транспортного рівня. Залежно від середовища використання, вона, може мати шуми, які створюють перешкоди і перешкоди при передачі даних між вузлами, протокол MAC при виникненні колізії може її зменшити, якщо дані передаються між сусідніми вузлами. Передача даних здійснюється безпосередньо на фізичному рівні, дані протоколи допомагають у виконанні завдань для економії енергії. Контролем за використанням енергії певним вузлом відповідає шар керування живленням. Вузол має властивість відключати приймачі після того як на нього надійшло повідомлення від знаходяться біля нього сусіда. Дана властивість запобігає ймовірність дублювання повідомлення. При низькому заряді батареї вузол здатний зрадити інформація сусіднім кутах і повідомити, що він більше не може брати участь у ретрансляції або маршрутизації повідомлень (рис. 1.4). Реєстрація та визначення пересування вузлів виконується на шарі управління мобільність (MAC), саме тому в центральний вузол завжди існує маршрут передачі даних, по якому вузли можуть визначати свій сусідів. Якщо вузол оперує інформацією про своїх найближчих сусідів, то він може збалансувати споживання енергії працюючи спільно з ними. Розклад по збору інформації становить менеджер завдань і план складається для кожного регіону окремо. Імовірно, що в один і той же час потрібні лише кілька вузлів для виконання певних завдань або зондування, як результат, деякі вузли здатні

виконувати великі обсяги завдань у порівнянні з іншими, так як вони маю більше потужність.

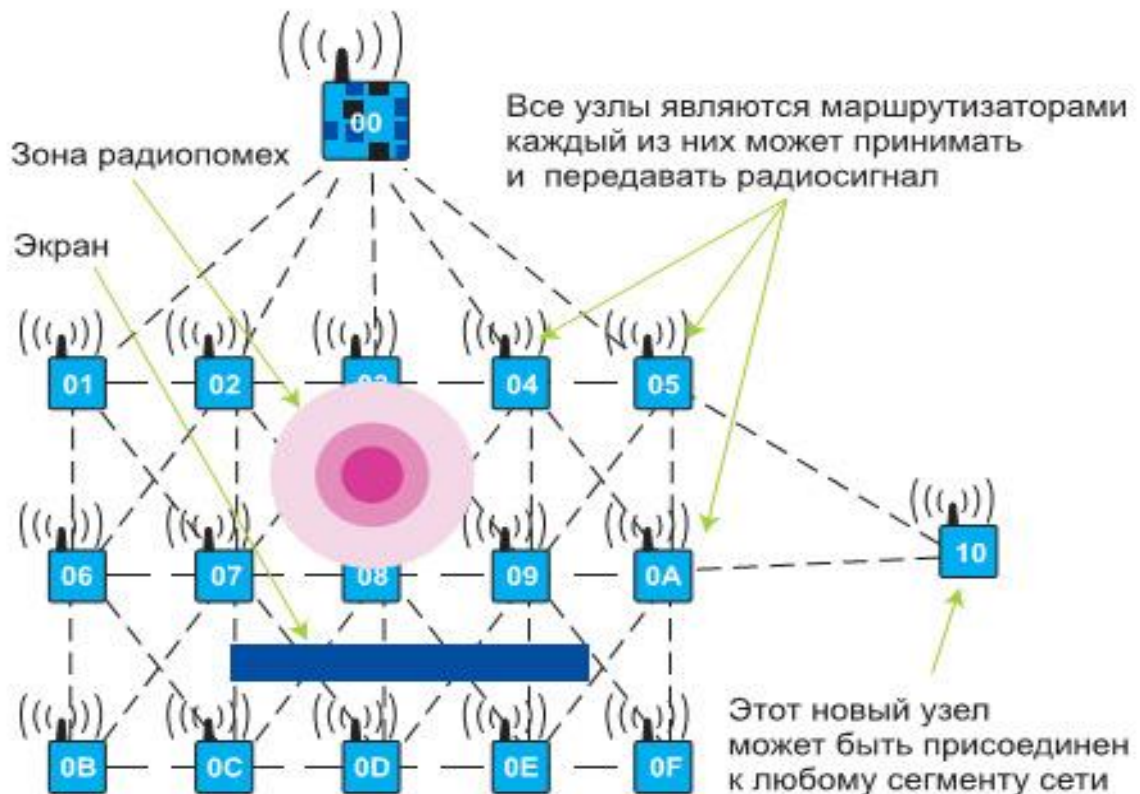


Рисунок 1.4 - Ретрансляція повідомлень у вузлах БСМ

Такі модулі потрібні для того, щоб вузли видавали велику працездатність і прагнули до все більшої енергоефективності, все це сприяє оптимізації маршрутів, по яких передаються дані, а також доцільне споживання ресурсів один одного. Спільна робота усіх вузлів між собою, з точки зору цілої сенсорної мережі, є ефективним і сприяє подовженню часу життя самої бездротової мережі.

1.4 Обробка даних

Витрата енергії при обробці даних значно менше в порівнянні з передачею даних. Ґрунтуючись на теорії Релея, що при передачі чверть потужності втрачається, можна зробити висновок про те, що витрата енергії на передачу 1 КБ на відстань 100 м буде приблизно такою ж, що і на виконання 3 мільйонів інструкцій зі швидкістю 100 мільйонів інструкцій у секунду (MIPS)/W процесором. Отже, локальна обробка даних має вирішальне значення для мінімізації споживання енергії в multi-hop сенсорної мережі. Тому вузли повинні мати вбудовані обчислювальні можливості і бути здатними взаємодіяти з оточенням. Обмеження

вартості і розміру приведе нас до вибору напівпровідників (CMOS) в якості основної технології для мікропроцесорів. На жаль, вони має обмеження на ефективність використання енергії. CMOS вимагає енергії щоразу при зміні стану. Енергія, необхідна на зміну станів, пропорційна частоті перемикачів, ємності (залежить від площі) і коливань напруги. Отже, зменшення напруги живлення є ефективним засобом зниження споживання енергії в активному стані. Динамічне масштабування напруги, прагне адаптувати харчування і частоту процесора відповідно до робочого навантаження. Коли на мікропроцесор знижується обчислювальне навантаження, просте скорочення частоти дає лінійне зменшення споживаної енергії, однак, зменшення робочої напруги дає нам квадратичне зниження енерговитрат. З іншого боку, не буде використовуватися вся можлива продуктивність процесора. Це дасть результат, якщо взяти до уваги те, що пікова продуктивність потрібна не завжди і тому, робоча напруга і частота процесора може бути динамічно адаптована до вимог обробки. Інші стратегії зниження потужності процесора обговорюються. Слід відзначити, що можуть використовуватися додаткові схеми для кодування і декодування даних. Інтегральні схеми також можуть використовуватися в деяких випадках. У всіх цих сценаріях, структура сенсорної мережі, алгоритми роботи і протоколи залежать від відповідних енерговитрат.

1.5 Передача даних

Використовуючи multi-hop вузли здатні спілкуватися по засобам бездротового зв'язку в сенсорній мережі. Здійснення зв'язку базується на базі радіо, ІК-порту або будь-яких оптичних носіїв. Щоб ці способи можна було глобально використовувати, середовище передачі по всьому світу повинна бути доступною. Як один з варіантів, можливе використання промислових, наукових або медичних смуг радіозв'язку (ISM), вони доступні без ліцензії у багатьох країнах світу. У міжнародній таблиці частот є опис доступних для використання частот, всі вони описані в статті S5 (том 1) про регламент радіозв'язку. В сучасному світі вже використовується деякі з цих частот, вони застосовуються в бездротових локальних мережах і бездротової телефонії. Сенсорні мережі, які малій вартості і розміру не зажадають підсилювача сигналу. Обмеження на вибір частоти передачі в діапазоні високих частот, для сенсорних мереж, лежить в апаратному обмеження і знаходженні правильного вибору між ефективністю антени і споживанням енергії. Широкий спектр частот ISM і є одним з деяких переваг у використанні даних радіочастот, вони доступні по всьому світу. Дані радіочастоти не прив'язані до якихось стандартів і можуть бути використані абсолютно вільно, що дозволяє реалізувати багато енергоспоживаючих стратегій в сенсорних мережах.

Зворотною стороною медалі є деякі обмеження і правила, перешкоди від існуючих програм і законів. Такі смуги часто називають нерегульованими частотами.

Сучасне обладнання для створення вузлів зв'язку, по більшій частині, використовує радіопередавачі. Бездротові вузли IAMPs маю інтегрований синтезатор частоти і використовують передавачі Bluetooth з частотою 2.4 ГГц. Великі перешкоди і різноманітні помилки можуть виникати на важкодоступній місцевості, в таких випадках може виявитися, що антени не відповідній висоті прийому або не володіють достатньою потужністю випромінювання для комунікації або передачі даних інших пристроїв зв'язку на вузлах, тому вкрай важливо, щоб при виборі певної передавальної середовища вона володіла супроводжуючими надійними схемами модуляції і кодування, які залежать від передавального каналу, зокрема від його характеристик.

1.6 Функціональні особливості бездротових сенсорних мереж промислових об'єктів

З урахуванням різних механізмів використання мережевих ресурсів, бездротові сенсорні мережі в залежності від характеру функціонування можна розділити на наступні типи:

– Проактивні мережі. Вузли мережі періодично вмикають свої сенсори і передавачі, знімають показання сенсорів і передають дані на шлюз. Таким чином, вони фіксують стан контрольованого середовища з певною періодичністю і використовуються зазвичай для додатків, що вимагають регулярного моніторингу деяких параметрів.

– Реактивні мережі. Вузли реактивних мереж, так само, як і проактивних з певною періодичністю знімають показання, однак не передають їх, якщо отримані дані відповідають нормованій області показань сенсорів. У той же час дані про нештатних зміни параметрів або їх виході за межі діапазону нормальних значень негайно передаються на шлюз. Реактивні мережі призначені для роботи з додатками реального часу.

– Гібридні мережі. Являють собою комбінацію двох наведених вище типів мереж. У гібридних мережах сенсорні вузли не лише періодично передають зняті з допомогою сенсорів дані, але і оперативно реагують на вихід показань з діапазону нормованих значень.

1.7 Програмне забезпечення бездротових сенсорних мереж

В даний час у більшості БСМ використовується операційна система TinyOS, розроблена в Університеті Берклі спеціально для використання в БСМ. TinyOS – це ОС класу Open Source, характерними особливостями якої є компонентна архітектура, подієва модель управління та статичний розподіл пам'яті. Завдяки цьому забезпечується мінімальний розмір коду, що істотно для вузлів БСМ, що мають суворі обмеження за обсягом пам'яті та електроживлення від малогабаритних автономних джерел. TinyOS є керуваної подіями операційною системою реального часу, розрахованого на роботу в умовах обмежених обчислювальних ресурсів, що забезпечує можливість установки автоматичного зв'язку вузлів з сусідами та формування сенсорної мережі заданої топології. Бібліотека компонентів TinyOS включає мережеві протоколи, драйвери сенсорів і утиліти отримання і збору інформації, які можуть бути вдосконалені в клієнтських додатках. Реалізована у TinyOS подієва модель дає можливість керувати живленням на низькому рівні, що дозволяє економити енергоспоживання. Це визначає використання TinyOS в абсолютній більшості апаратних платформ і численних сенсорних пристроях.

Істотна відмінність TinyOS від ОС загального призначення (UNIX, Windows тощо) обумовлено тим, що програми для БСМ не є інтерактивними в тому ж сенсі, що і програми для звичайних ПК, і TinyOS не потребує вбудованій підтримці інтерфейсу. Розробниками TinyOS основну увагу було приділено забезпеченню мінімізації енергоспоживання і можливості використання для мови програмування с високим рівнем абстракції. В результаті була створена ОС з простий, але досить розвиненою компонентної архітектурою, специфіка якої полягає в забезпеченні розвинених і надійних механізмів паралельного виконання завдань в умовах вкрай обмежених ресурсів. Для програмування використовується компонентно-орієнтований мова NesC (network embedded system C), побудований на базі C. Основною структурною одиницею програми на NesC є компонент, який через інтерфейси взаємодіє з іншими компонентами. Мова програмування NesC володіє великою кількістю стандартних компонентів і інтерфейсів, за допомогою яких можна створювати ефективні програми для сенсорних вузлів. Компілюються написані програми за допомогою спеціальних програм - кросскомпіляторів на звичайних ПК.

Додаток для TinyOS являє собою набір компонентів, кожен розміром приблизно 200 байт і інтерфейсів для міжкомпонентної взаємодії. Для кожного конкретного додатка формується свій набір компонентів. Отримане додаток на етапі компіляції для кінцевої платформи (iris, mica2, telos, і т. д.) інтегрується з ядром системи в один виконуваний файл, який завантажується на сенсорний вузол.

Слід зазначити, що при створенні БСМ розробляються розподілені додатки і для повноцінного їх тестування потрібна мережа, що містить велику кількість вузлів, для тестування і налагодження. У зв'язку з цим необхідні програми-емулятори.

1.8 Виявлення аномальних значень на промислових об'єктах

Аномалія - це відхилення від звичайного поведінки системи, неправильність, показання у вимірах які перевищують допустимі норми. Процес виявлення аномалій у найважливіших системах настійно рекомендується автоматизувати. Це пов'язано зі складністю моніторингу великих систем з застосуванням традиційних засобів, оскільки кожний екземпляр відслідковуються даних включає безліч змінних. Процес моніторингу надає можливість автоматично виконувати коригувальні дії при виявленні аномалії, запобігаючи тим самим виникнення аварійних ситуацій в системі.

В даній роботі розглядаються проблеми спостереження за промисловими об'єктами шляхом періодичного вимірювання і оцінки інформативних параметрів, що прямо або опосередковано характеризують їх стан.

Основні компоненти системи виявлення аномалій (рис. 1.5):

– Попередня обробка даних - обробка даних багатомірних часових рядів, таких як споживання пам'яті користувачами центру обробки даних. Попередня обробка може включати нормалізацію даних та усунення шуму.

– Декомпозиція даних - декомпозиція даних часових рядів для багатовимірного аналізу даних. Декомпозиція може виконуватися з використанням вейвлет-перетворення, швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) або дискретного косинусного перетворення (ДКП). Декомпозиція дозволяє виявити більш дрібні деталі та тренди у вхідних даних.

– Відстеження і прогнозування даних - Відстеження включає моделювання очікуваного поведінки даних та обчислення різниці між очікуваним і фактичним поведінкою.

– Виявлення аномалій - аномалією є викид в даних про поведінку. На цьому етапі обчислюється різниця між нормальним і фактичною поведінкою даних, і несподівані відхилення позначаються як аномалії. На цьому кроці використовується імовірнісний оператор, який визначає, чи є вхідні дані аномалією.



Рисунок 1.5 - Блок-схема этапов процесса выявления аномалий в реальном времени

Промислові об'єкти характеризуються безліччю параметрів, моделями яких можуть служити багатовимірні стаціонарні або нестаціонарні випадкові процеси (рис. 1.6). Вимірювання по своїй фізичній природі являють собою випадкові величини. При нормальному функціонуванні досліджуваних об'єктів статистичні властивості вимірювань інформативних параметрів майже не змінюються.



Рисунок 1.6 - Алгоритм визначення стану промислового об'єкта

Моніторинг має своєю метою шляхом спеціальної обробки послідовності вимірювань виявлення аномальних змін, визначення їх характеру (швидкі чи повільні, стрибки або тренди) і обчислення кількісних показників (величини стрибків і швидкості трендів). За цими даними представляється можливим короткостроковий прогноз зміни стану інформативних

параметрів. При виявленні недопустимих аномальних змін експлуатація об'єкта моніторингу припиняється для з'ясування причин аномальних змін. Ця задача повинна надалі вирішуватися методами і засобами дефектоскопії та технічної діагностики.

1.8.1 Типи розкиду даних

Основні типи розсіяння значень, які окремо або в сукупності зустрічаються в реальності. Якщо рівень коефіцієнта варіації нижче 33%, то дані прийнято вважати однорідними, незалежно від характеру розкиду. Але якщо варіація вище 33%, то дані вважаються неоднорідними і з цим потрібно щось робити. Розуміння типу розкиду може допомогти усунути проблему і добитися однорідності.

Отже, перший тип розкиду (рис. 1.7) (і великого коефіцієнта варіації) може пояснюватися наявністю аномальних значень. Розглянемо початкові дані з варіацій 24%, тільки на цей раз додамо аномальне значення шляхом заміни одного з чисел на різко відрізняється від основної маси. Нехай це буде число 500.

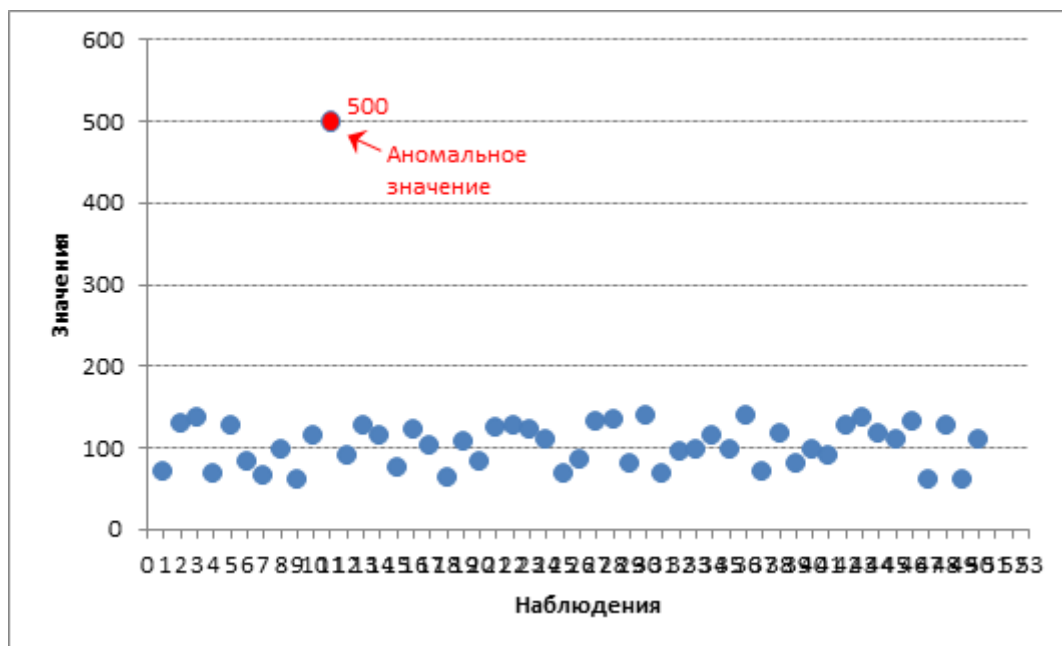


Рисунок 1.7 - Приклад першого типу розкиду даних

Коефіцієнт варіації з 24% відразу виріс до 55%. Всього одне значення з 50-ти зробили аномальним і загальний показник варіації збільшився в 2 рази! Схожа ситуація вже розглядалася в статті про чутливості показників варіації до аномальних значень. Боротися з цим згубним явищем нескладно – достатньо видалити з розрахунку аномальні спостереження і показник варіації різко скоротиться. Питання лише в тому, як ці аномалії виявити. Тут є кілька підходів. Можна просто видаляти максимальні і мінімальні значення до тих пір, поки

коефіцієнт варіації не стане прийнятним. Ще є варіант поставити певні межі відхилення, за межами яких всі дані відсікаються, тобто виключаються з аналізу. Це можуть бути, наприклад, два або три середньоквадратичних відхилення (2 або 3 сігми). Строгих рекомендацій немає, все на страх і совість аналітика. Головне не сильно спотворити зміст, і в той же час поліпшити їх якість. У багатьох випадках однієї лише графіка буде достатньо, щоб зрозуміти, що є аномалія і що слід видалити з розрахунків.

Другий тип розкиду (рис. 1.8) пов'язаний з якісним розходженням у даних. Наприклад, якщо ми аналізуємо дані по підприємствам різних галузей, то, відмінність буде пояснюватися, насамперед, їх різною природою. Або, припустимо, аналізуємо продажу дорогих і дешевих товарів. Очевидно, що дешевше купують частіше і більше, ніж дороге. Загалом, у таких випадках потрібно провести групування даних по їх якісному відмінності. Тоді значення всередині кожної групи будуть набагато більш однорідні, ніж вся вихідна сукупність в цілому.

Третій тип самий неприємний і зустрічається, мабуть, найчастіше. Це великий розкид даних без будь-яких очевидних на те причин.

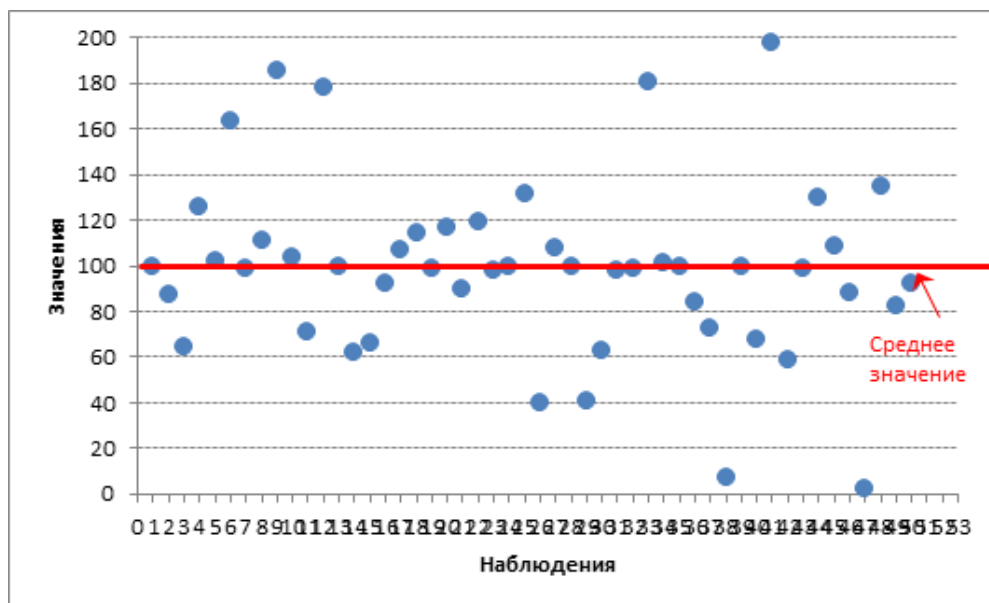


Рисунок 1.8 - Приклад третього типу розкиду даних

Навіть якщо ми приберемо аномальні спостереження з аналізу, у нас все одно залишиться значний розкид, а провести групування за будь-якого якісного показника немає можливості. У такому разі проводять «примусове» угруповання, тобто задають деякі межі, які розбивають вихідну сукупність на частини. Прості способи групування – це поділ на рівні за розміром групи або через рівні інтервали значень. Більш складні види угруповання пов'язані зі структурою даних і часто базуються на принципі Парето (закон Парето). В якості

найбільш яскравого прикладу можна навести ABC-аналіз, який розподіляє дані таким чином, що вони розбиваються на три групи в залежності від їх внеску в загальну суму. В групу А потрапляють приблизно 20%, які дають 80% загального підсумку, до групи В – ще 15%, дають 30% підсумку і в групу С – 50% значень, які дають лише 5% загального підсумку. Однак і класичний ABC-аналіз далеко не завжди вирішує проблему однорідності. Тоді дані деталізують ще більше. Часто в якості груп або меж виступають значення, які просто зручні або слідуєть деякій логіці.

1.8.2 Варіація динамічних даних

Вище перераховані типи розкиду даних відносяться до просторового поданням даних. Тобто вони характеризують явище або процес у різних місцях простору, але в один і той же час. У статистиці розрізняють і інший вид даних – динамічні. Вони характеризують розвиток одного і того ж об'єкта в часі. Як правило, це один і той же показник, який фіксується через деякі проміжки часу. Отримані дані називаються динамікою. Усім знайомі вирази типу «динаміка ВВП», «збільшення цін», «зростання населення», «тенденція чого-небудь». Все це динамічні дані, що характеризують одне явище в різний час. Розглядаючи такі дані з точки зору однорідності можна виявити деякі важливі особливості.

Для наочності скористаємося даними з прикладу вище, тільки на цей раз вони будуть описувати деяку динаміку (рис. 1.9). Для цього замінимо горизонтальну вісь номерів спостереження на вісь часу. Для наочності точки з першого графіка з'єднаємо лінією – буде більше схоже на динаміку.

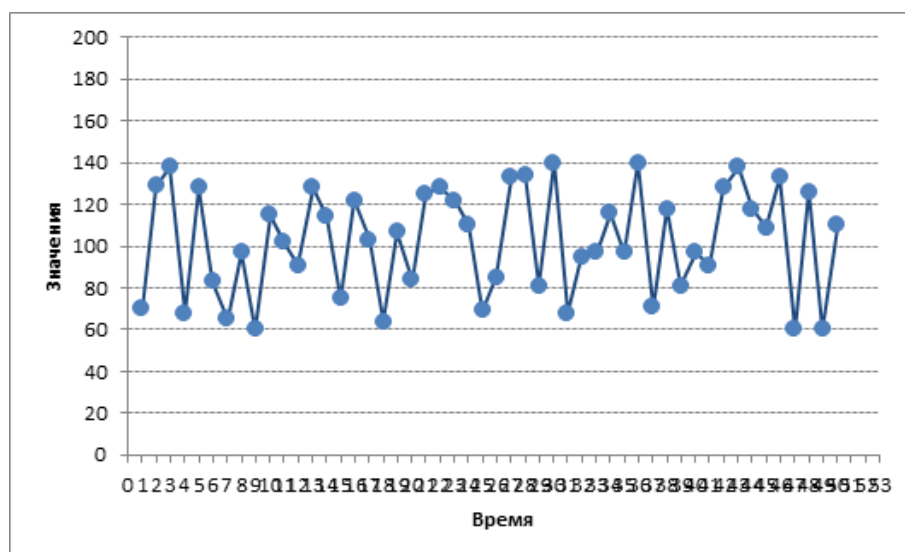


Рисунок 1.9 - Графік стрибкоподібної динаміки деякого показника

Спочатку слід позначати один важливий момент в інтерпретації динамічних (а не просторових даних. З точки зору математики, всі дані однакові – набір чисел. З точки зору інтерпретації, звичайно, є відмінності. Розсіювання даних в динаміці називають коливлемостью, оскільки одне і те ж явище змінює своє значення в часі, а графік схожий на коливання. Рівень коливлемости в динаміці вимірюється так само, як і рівень розсіювання в просторі – за допомогою коефіцієнта варіації. Якщо коливність носить випадковий, тобто незрозумілий характер, то говорять, що процес нестабільний. Стабільність визначається коефіцієнтом варіації. Чим більше незрозуміла варіація, тим менш стабільний процес.

Другий момент. Стабільність (або коливність) тісно пов'язана з поняттям прогнозованості. Чим стабільніше процес, тим його легше прогнозувати, і навпаки. Іншими словами, чим менше випадкові відхилення показника від очікуваного рівня, тим точніше можна зробити прогноз. Таким чином, з допомогою коефіцієнта варіації вимірюють рівень коливлемости (або стабільність) і разом з тим рівень прогнозованості динамічних даних.

Четвертий тип розкиду даних (рис. 1.10) пов'язаний з розвитком явища в динаміці. Багато явищ у природі мають деяку тенденцію розвитку. Якщо вона нульова (рівень не зростає і не зменшується в довгостроковій перспективі), то дані будуть схожі на коливання навколо постійного рівня (середнього значення), як на рис. вище. Але частіше значення показників під впливом деяких факторів з часом зростають або зменшуються, тобто мають деяку тенденцію. Припустимо, що наші первинні дані – це щоденні продажі якогось товару. Мода на товари приходить і йде, тому часто спостерігається зростання або зменшення продажів. Наприклад, наша динаміка продажів має яскраво виражений ріст.

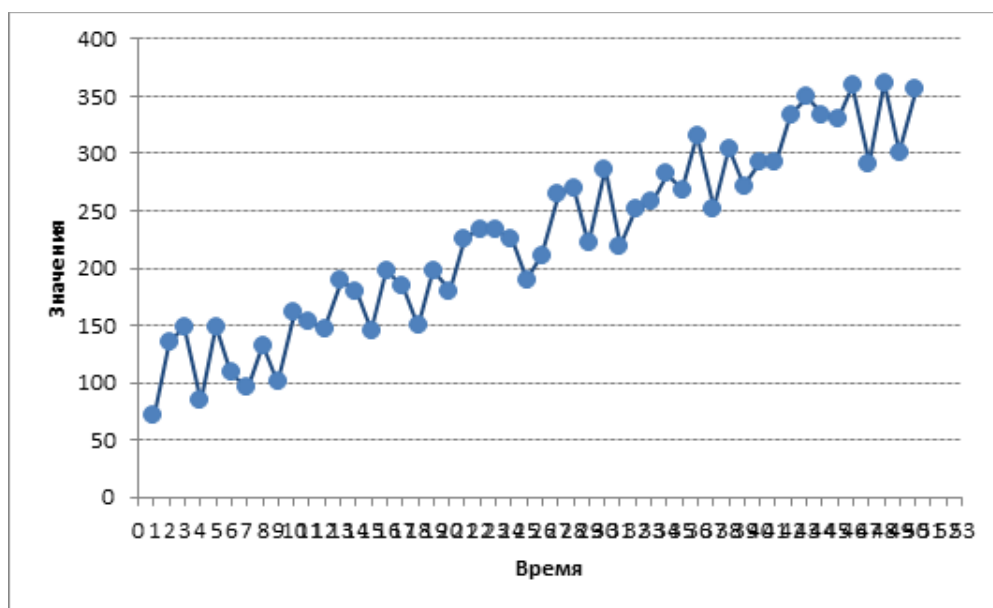


Рисунок 1.10 - Четвертий тип розкиду даних

Ясна річ, що наявність тенденції віддаляє багато значень від середньої, що автоматично позначається на коефіцієнті варіації (непомірно завищуючи його). Коефіцієнт варіації не розуміє, де тенденція, а де ні. Він тупо бере і вважає відхилення від середньої по зазначеній сукупності. У підсумку багато значення під дією цілком конкретних факторів знаходяться далеко від середнього рівня, збільшуючи тим самим коефіцієнт варіації. У нашому випадку після додавання щоденного зростання продажів на 5 одиниць коефіцієнт варіації збільшився з 24% до 35%. Зміна істотне. Що з цього слід усвідомити?

Як тільки що було відзначено, прогнозованість визначається рівнем не пояснених коливань. Однак тенденція може бути пояснена і вычленена з динаміки з допомогою відповідних статистичних методів.

У той же час коефіцієнт варіації не розбирає, де тенденція, а де випадковість, і вважає всі відхилення від середньої поспіль, незалежно від їх походження. Виходить, що тенденція завищує рівень варіації і, отже, занижує рівень прогнозованості. Тобто коефіцієнт, звичайно, нічого занижити або завищити не може, але якщо оцінювати рівень прогнозованості через коефіцієнт варіації, то можна зробити неправильні висновки. Щодо наших даних випадкова коливість становить 24% (за вирахуванням тенденції, яку дійсно можна прибрати за допомогою деяких розрахунків), а коефіцієнт варіації свідчить про коливальність 35%. Це був приклад того, як наявність цілком прогнозованою тенденції може збільшити коефіцієнт варіації і ввести в оману аналітика про ступінь прогнозованості даних. Зменшити коефіцієнт варіації в ряді динаміки, в якому присутня виражена тенденція, можна шляхом усунення цієї тенденції ряду.

П'ятий тип розкиду (рис. 1.11) сильно схожий на четвертий. Тільки в даних динаміки може бути ще і циклічність, яка є цілком контрольованим і передбачуваним фактором. Проте під її впливом коефіцієнт варіації зростає. Для повноти подання до попереднім даними (з тенденцією) додаємо циклічність продажів (на вихідних торгівля буває в рази краще, ніж у будні дні).

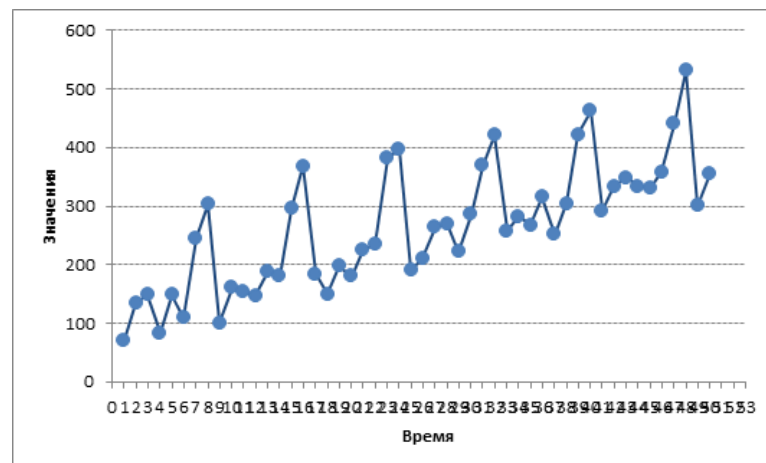


Рисунок 1.11 - П'ятий тип розкиду даних

Для даних з цього графіка коефіцієнт варіації склав 40%. Хоча якщо прибрати з ряду динаміки тенденцію і циклічність (прогнозовані складові ряду), то варіація знову стане 24%, як у початковому варіанті. Циклічність і тенденція збільшують загальну варіацію, що може призвести до невірних висновків щодо прогнозованості. Для вирішення проблеми обидві компоненти прибираються з ряду динаміки за допомогою спеціальних розрахунків. Рівень прогнозованості правильно рахувати з решти динамічного ряду (випадкової компонент). Отже, це були основні типи причин, які чинять безпосередній вплив на рівень коефіцієнта варіації. Часто в даних присутні не один вид, а кілька. Приміром, динаміка може мати тенденцію, і сезонність, і аномальні сплески з провалами. Як уже неодноразово говорилося, неоднорідність – знижує точність аналізу. Наприклад, робить практично неможливим застосування XYZ-аналізу. Основні способи, за допомогою яких можна усунути або зменшити неоднорідність даних:

- усунення аномальних спостережень;
- групування даних за різкого якісного відмінності;
- «примусова» угруповання;
- усунення тенденції в динамічних даних;
- усунення сезонності в динамічних даних.

В реальності однорідні дані в готовому вигляді зустрічаються рідко, тому аналітику перед проведенням аналізу доводиться якимось чином їх обробити.

1.9 Відмовостійкість системи на промислових об'єктах

Часто причиною відмови системи є:

- відсутність належного енергопостачання на вузол зв'язку;
- фізичні ушкодження вузла зв'язку;
- стороннє втручання в роботу вузла мережі.

Виникнення даного роду ускладнень або відмов не повинно впливати на стан бездротової сенсорної мережі в цілому, з ладу повинен виходити тільки вузол зв'язку та повідомляти про свою непрацездатність. Це і є питанням надійності і відмовостійкості. Відмовостійкість – здатність підтримувати функціональність сенсорної мережі без збоїв при виході з ладу одного з вузлів зв'язку даної сенсорної мережі. Надійність системи $R_k(t)$ або стійкості до відмов вузла моделюється з допомогою розподілу. Розподіл Пуассона використовується для визначення ймовірності відсутності несправності вузла в період часів. Необхідні для побудови безпровідних сенсорних мереж протоколи та алгоритми повинні

бути орієнтовані на рівень відмовостійкості. Допускається що якщо середовище, на якій знаходиться вузол зв'язку, мало схильна стороннім втручанням, то відмовостійкість у протоколах може бути менше ніж зазвичай. Прикладом буде поставлена в будинок бездротова сенсорна система "система Розумний будинок" яка стежить, наприклад, за вологістю і рівнем температури, то вимоги до відмовостійкості можуть бути низькими, так як такі сенсорні мережі не можуть вийти з ладу і шуми навколишнього середовища практично не впливають на працездатність вузлів і мережі в цілому. З іншого боку, вузли, які розміщені на промислових об'єктах повинні мати високу відмовостійкість, так як високі температури, або інші критичні параметри, які впливають на сенсори, можуть вивести сайт з ладу.

1.10 Постановка задачі

У багатьох випадках періодичне планове обстеження промислового обладнання не може забезпечувати необхідну безпеку. Аварійний стан як правило виникає в процесі експлуатації. Для запобігання аварій у таких ситуаціях слід використовувати системи безперервного моніторингу, що дозволяють виявити небезпечні дефекти, витоків в процесі їх виникнення або розвитку та завчасно попередити обслуговуючий персонал. Такі системи передбачають збір і зберігання основних параметрів технологічного процесу таких, як тиск, температура і ін

Сучасні системи моніторингу мають можливість автоматично передавати дані через Інтернет на пункт управління, на якому здійснюється аналіз інформації, що надійшла. Основним завданням пункту управління є прийняття своєчасних заходів у випадку виниклих несправностей або відмов. Таким чином, метою магістерської атестаційної роботи є дослідження проблеми спостереження за промисловими об'єктами шляхом періодичного вимірювання і оцінки інформативних параметрів, що прямо або опосередковано характеризують їх стан.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- визначення поняття аномалії на промислових об'єктах, способи виявлення аномалій;
- виконати огляд літератури за вибором комплектуючих вузла зв'язку для промислового об'єкта;
- розробити програмного коду для зчитування та передачі даних з вузла зв'язку на контрольний пункт;

– виконати програмування контролюючого пристрою Raspberry Pi для управління сенсорами промислового об'єкта з метою моніторингу та збору даних про стан об'єкта.

2 ВИБІР ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ

2.1 Raspberry Pi

В ході дослідження, нам потрібно було вибрати мікроконтролер, який буде організовувати читку, обробку і пересилку даних з сенсорів на керуючий пристрій. Нам необхідно обрати пристрій, який по потужності не поступався б традиційним стаціонарним комп'ютерам, тому, наш погляд упав на вибір такого керуючого пристрою Raspberry Pi (рис. 2.1), досить потужного і гнучкого і стійкого до перепадів напруги мікроконтролера.

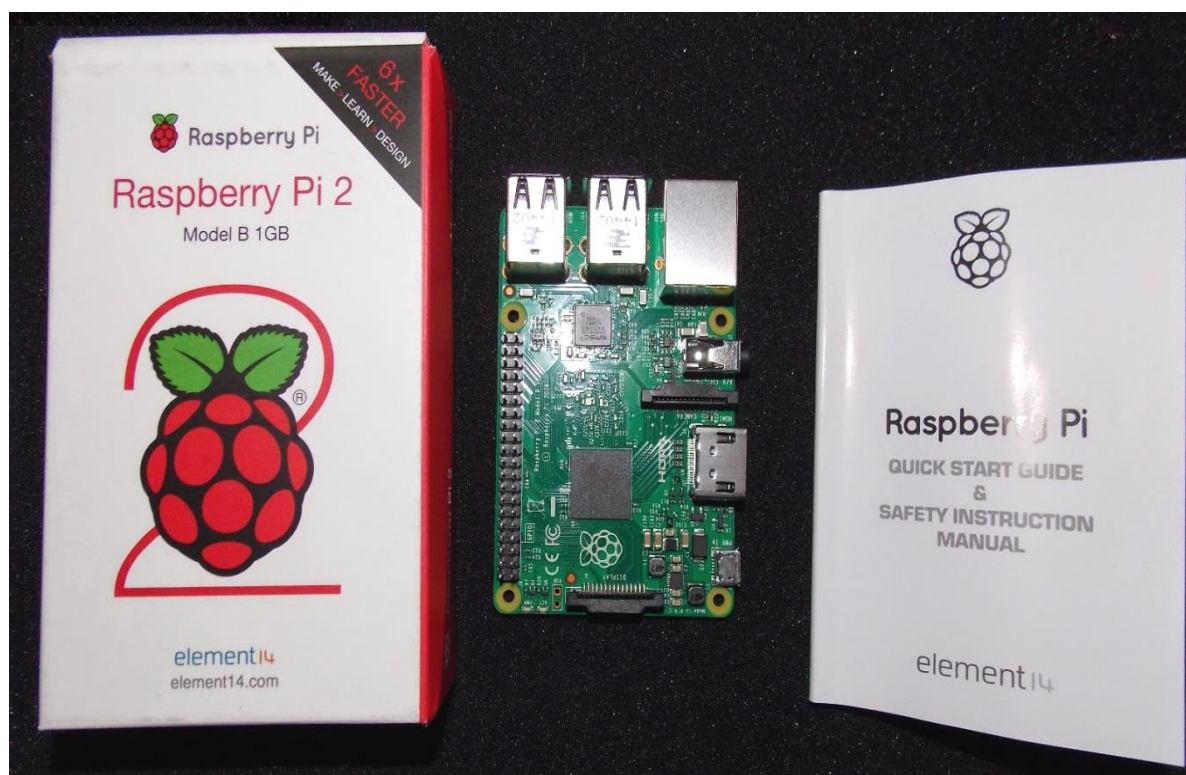


Рисунок 2.1 – Raspberry Pi 2 Model B

Raspberry Pi (“Малинка”) – цей пристрій являє собою мініатюрний дуже дешевий комп'ютер який в буквальному сенсі поміщається на долоні. Розмір такої плати не перевищує стандартної банківської картки, але те, як використовувати «малинку» обмежується лише фантазією користувача. В таких невеликих розмірах вмістився фактично цілий персональний

комп'ютер, який відмінно підходить для вирішення офісних завдань. «Малинка» містить в собі:

- відеоплеєр.
- домашній файловий сервер (або ж мініатюрний сервер для самостійного хостингу сайту).
- платформа для навчання, і багато іншого.

Всіх можливостей цього міні-комп'ютера і не перерахувати, напевно. У користувача є можливість самому придумати, як використовувати даний комп'ютер і в яких цілях, так само, як і з комп'ютерами в стандартних системних блоках. Враховуючи таку економічність - при повному завантаженні малинка споживає всього 1 Вт потужності, такий комп'ютер хороший вибір як для домашнього так і офісного застосування.

Так чому ж Raspberry Pi в ролі керуючого пристрою. Дана плата має все необхідне для роботи з сенсорними датчиками. З допомогою «малинки» можна створити вузол зв'язку, який буде керувати всім чим завгодно, все залежить тільки від вашої уяви (рис. 2.2).




Рисунок 2.2 – Приклад суперкомп'ютера на базі Raspberry Pi2 Model B

Raspberry Pi оснащено процесором з архітектурою ARM 11, частотою в 700 МГц, що дозволяє досягти продуктивності при малому енергоспоживанні. Вартість даного пристрою становить всього 25/35\$. Разом з низькими вимоги відкритого ПЗ (OpenSource) до апаратної частини і спеціально зібраними ядром ОС, оптимізованої за дане залізо, дозволяє встановити на Raspberry такі операційні системи як: Linux, Windows 10 IoT Core, Ubuntu Mate, Snappy Ubuntu Core, OSMC, LIBREELEC, Pinet, Risc OS, Weather Station, Raspbian, Noob.

Все це програмне забезпечення є безкоштовним і мало вимоглива до ресурсів. Виробники крім того, говорять про підтримку формату відтворення Full HD.

Raspberry Pi є хорошим вибором для створення мереж типу "Розумний будинок" - за рахунок наявності на пристрої апаратних портів вводу-виводу GPIO (рис. 2.3).



GPIO#	2nd func	Physical Pins		2nd func	GPIO#
		pin#	pin#		
N/A	+3V3	1	2	+5V	N/A
GPIO2	SDA1 (I2C)	3	4	+5V	N/A
GPIO3	SCL1 (I2C)	5	6	GND	N/A
GPIO4	GCLK	7	8	TXD0 (UART)	GPIO14
N/A	GND	9	10	RXD0 (UART)	GPIO15
GPIO17	GEN0	11	12	GEN1	GPIO18
GPIO27	GEN2	13	14	GND	N/A
GPIO22	GEN3	15	16	GEN4	GPIO23
N/A	+3V3	17	18	GEN5	GPIO24
GPIO10	MOSI (SPI)	19	20	GND	N/A
GPIO9	MISO (SPI)	21	22	GEN6	GPIO25
GPIO11	SCLK (SPI)	23	24	CE0_N (SPI)	GPIO8
N/A	GND	25	26	CE1_N (SPI)	GPIO7
EEPROM	ID_SD	27	28	ID_SC	EEPROM
GPIO5	N/A	29	30	GND	N/A
GPIO6	N/A	31	32	-	GPIO12
GPIO13	N/A	33	34	GND	N/A
GPIO19	N/A	35	36	N/A	GPIO16
GPIO26	N/A	37	38	N/A	GPIO20
N/A	GND	39	40	N/A	GPIO21

Рисунок 2.3 – Порти вводу-виводу GPIO на пристрої Raspberry Pi2

Такі характеристики в сукупності з дешевизною, відкривають шлях у світ інформаційних технологій, доступ отримують навіть люди, які не мали ні найменшого поняття про таку можливість.

Так чи інакше, малогабаритний комп'ютер Raspberry Pi придатний не тільки для навчання, сукупність параметрів як мала вартість, достатня потужність і низьке енергоспоживання роблять цей пристрій придатним для використання в якості своєрідного домашнього сервера, на якому можна або хостити особистий домашній веб-сервер, або

організувати сервер для обробки інформації, що надходять від сенсорів, надалі передаються на пристрій управління "контрольний пункт".

2.2 Введення, обробка і виведення даних

Працездатність сконструйованого пристрою забезпечується завдяки реалізації трьох базових принципів управління даними: введення, обробка і виведення. Оскільки більшість створених нами прототипів пристроїв не оснащуються клавіатурою і мишею, то вхідні дані мікроконтролерну систему буде отримувати від датчиків. В реальності типів датчиків існує дуже багато.

Обробка даних здійснюється в програмі, що виконується мікроконтролером, який встановлений на платі Raspberry Pi. У програмному коді визначаються всі основні дії з управління даними та способи їх наступної передачі виконуючим пристроїв. Вивід даних звичайно супроводжується зміною окремих характеристик середовища, в якій функціонує пристрій. Є можливість зажегувати світлодіод, включити сервопривід або відтворити звук. Такі типові для платформи Raspberry способи виведення інформації, хоча існують і інші методи, менш поширені, але не менш ефективні в контексті вирішеної задачі (наприклад, тактична віддача, реалізована вибром, виведення графічної інформації на електронну папіру або включення цілої домашньої прилади).

2.3 Інтерфейси

Інтерфейс визначає спосіб взаємодії датчика з мікроконтролерною платою, такий як Raspberry Pi. Інтерфейс встановлює спосіб фізичного підключення датчика до системи і методи програмного керування їм для отримання параметрів середовища.

Незважаючи на існування величезної кількості датчиків різних типів, кількість протоколів обміну даними з ними досить обмежена.

Цифрові датчики (рис. 2.4). Деякі датчики, до яких відноситься і кнопка, що мають два стани "Вкл." і "Викл." Такі пристрої прості в управлінні. Включене стан характеризується подачею сигналу високого рівня (HIGH), передається на вхідний порт мікроконтролерної системи. Як правило, такий сигнал представлений напругою 3,3 або 5 в залежності від використовуваної платформи.

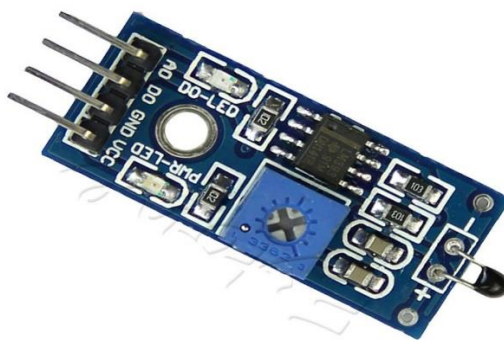


Рисунок 2.4 – Цифровий термомодуль

Аналогові датчики (рис. 2.5). Аналогові датчики плавно змінюють свій опір залежно від зміни характеристик середовища, в яку вони поміщені (подібним чином працюють регулятори гучності, хоча вони нічого не вимірюють). У Raspberry Pi зміни в опорі представляються падінням напруги, що спостерігається на датчику. У найпростішому випадку домогтися зміни напруги в ланцюзі можна за допомогою потенціометра, який всього лише збільшує або зменшує свій опір. Керувати потенціометром в Raspberry Pi допомагає спеціальний перетворювач, що дозволяє обробляти вхідні аналогові дані. У переважній більшості аналогових датчиків вихідний сигнал представлений опором, тому їх ще називають резистивними сенсорами.

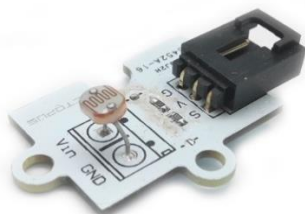


Рисунок 2.5 – Аналоговий датчик освітленості (фоторезистор)

Імпульсні датчики (рис. 2.6). У деяких датчиках вихідний сигнал являє імпульсами певної ширини або тривалості, що вказує кількість часу, протягом якого на вхід мікроконтроллерной системи подається висока напруга. Імпульсний сигнал зчитується функціями `pulseIn` і `GPIO` (рис. 2.3). Так як управління сигналом здійснюється програмними засобами, вам не доведеться займатися низькорівневим управлінням мікроконтроллерной платформи, у якому задіяні переривання; це завдання на себе бере відповідна програмна бібліотека.



Рисунок 2.6 - Імпульсний датчик витрат палива

Послідовне з'єднання. Як правило, послідовне з'єднання задіюється пристроями при обміні текстовими даними. За допомогою такого методу передачі даних комп'ютер підключається до Raspberry Pi через USB-порт. Інтерфейс IC – это популярный промышленный стандарт обмена данными между компьютерными устройствами. Он поддерживается настольными компьютерами и ноутбуками.

Послідовний периферійний інтерфейс (Serial Peripheral Interface - SPI) являє собою ще один промисловий інтерфейс обміну даними, він найкраще підходить для підключення аналого-цифрового перетворювача в Raspberry Pi. Створення програмного коду з нуля для нових пристроїв, що підключаються через SPI, вимагає чимало знань і зусиль. Ручное программирование. Встречаются ситуации, когда подключаемый к платформе датчик настолько необычен, что ни один из стандартных интерфейсов не обеспечивает его поддержки. В подобных случаях вам придется самостоятельно написать программный код управления им. Это трудоемкий процесс, поскольку в нем управление данными, поступающими с датчика, осуществляется на битовом уровне.

Таблиця 2.1 - Інтерфейси підключення датчиків до мікроконтролерних систем

Інтерфейс	Приклади значень	Raspberry Pi	Приклади датчиків
1	2	3	4
Імпульсний	20 мс.	GPIO.pulseInHigh()	FlexiForce, датчик полум'я KY-026, датчик кольору HDJD-S822-QR999, датчик температури LM35, датчик вологості ґрунту
Послідовний	A9I3C5I3C5	PySerial.read()	Сканер відбитків пальців GT-511C3, датчик радіочастотної ідентифікації ELB149C5M
I2C	(2,11 g, 0,0g, 0,1 g), точні значення	smbus	Контролер Wii Nunchuk, акселерометр-гіроскоп MPU 6050, датчик атмосферного тиску GY65

Продовження табл.2.1

1	2	3	4
SPI	точні значення	spidev	Аналого-цифровий перетворювач MCP3002
Користувачі	53%	вручну	Датчик вологості DHT11
Цифровий	0 или 1	bootbook_gpio.read()	Кнопка, перемикач на інфрачервоному датчику, датчик нахилу, пасивний інфрачервоний датчик руху
Аналоговий	5%, 10%, 23%	boot_mcp3002.readAnalog()	Потенціометр, фоторезистор, датчик вимірювання концентрації алкоголю MQ-3, газові аналізатори сімейства MQ X (дим, вуглеводні, CO тощо) датчик тиску

2.4 Переваги мікрокомп'ютера Raspberry Pi над іншими мікроконтролерами

Всі плати для розробки можна розбити на 2 великі категорії:

- плати на мікроконтролері (MCU, MicroController Unit), типовим представником є Arduino Uno;
- одноплатні комп'ютери (SoC, System on a Chip), типовим представником є Raspberry Pi.

Мікроконтролери можуть одночасно виконувати лише одну задачу і чудово з цим справляються. А одноплатні комп'ютери виконують програми в рамках операційної системи (найчастіше Linux), володіють більшою продуктивністю і широкими мультимедійними можливостями.

Існують також гібридні платформи, де на одній платі розташований і мікроконтролер, і процесор. Ідея в тому, щоб залишити потужному процесору складні завдання: вихід в мережу, обробку медіа, а на мікроконтролер покласти функцію точного керування приводами, реле, сенсорами та іншою периферією. Можливо створити гібрид самим, якщо взяти по одній платі з кожної колекції. У всіх них знайдуться спільні інтерфейси, через які можна організувати їх взаємодію.

І в одному і в іншому таборі можна знайти спеціалізовані плати, які сильно виділяються серед інших якою-небудь особливістю, але порівняти можливості середньостатистичних мікроконтролерів і комп'ютерів допоможе таблиця 2.2.

Таблиця 2.2 - Порівняння мікроконтролера і одноплатного комп'ютера

	Мікроконтролер	Одноплатний комп'ютер
Продуктивність	1 ядро, десятки-сотні МГц, десятки КБ оперативки, десятки-сотні КБ постійної пам'яті.	1 або більше ядер, сотні- тисячі МГц, сотні МБ оперативки, гігабайти постійної пам'яті.
Багатозадачність	Немає. Але можна емулювати.	Так. Управляється ОС.
Зручність роботи з інтернетом	Зазвичай потрібні додаткові модулі і глибоке знання протоколів.	Легко підключається з коробки, мережевий модуль зазвичай вже на борту.
Тривалість роботи від батареї	Споживає одиниці-десятки мА. Можливі тижні роботи від батареї.	Споживає сотні-тисячі мА. Заряду великого акумулятора вистачить від сили на десяток годин.
Швидкість реакції у проектах критичних до часу	100% контроль над часом і тривалістю подачі сигналів.	З-за багатозадачності критичний процес може проспати свій час.
Вибір мов програмування	Обмежений. Частіше C/C++.	Python, JavaScript, Bash і десятки інших: будь-які доступні в ОС.
Можливості для роботи з відео, комп'ютерним зором	Не вистачить потужності.	OpenCV, апаратні відеокодеки, HDMI-вихід.
Можливості для роботи зі звуком	На потужних мікроконтролерах можливий синтез звуку. Для роботи з MP3/OGG/WAV потрібні додаткові модулі.	Підтримка MP3/OGG/WAV на рівні ОС. Аудіовихід HDMI і/або роз'єм 3,5 мм.

3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

3.1 Датчик інфрачервоного випромінювання

Призначений для вимірювання та контролю рівня випромінювання інфрачервоного діапазону. Маленькі розміри, висока чутливість і просте стандартне підключення.



Рисунок 3.1 - Датчик інфрачервоного випромінювання

Характеристики:

- використовується чутливий фотодатчик інфрачервоного діапазону;
- випромінювання;
- цифровий вихід з навантажувальною здатністю 15мА;
- потенціометр для регулювання порогу спрацювання цифрового виходу;
- робоча напруга від 3.3 V до 5V;
- аналоговий вихід датчика;
- просте і зручне кріплення модуля;
- маленькі розміри: 3.2см x 1.4см.

Використаний поширений компаратор з широким діапазоном напруги живлення LM393.

3.2 Датчик диму MQ-2

Датчик газу(рис. 3.2), побудований на базі газоаналізатора MQ-2 дозволяє виявляти наявність у навколишньому повітрі вуглеводневих газів (пропан, метан, н-бутан), диму (зважені частинки, які є результатом горіння), водню.

Датчик можна використовувати для виявлення витоків промислового газу та задимлення. Вихідним результатом є аналоговий сигнал, пропорційний вмісту газів, до яких

чутливий газоаналізатор. Чутливість може бути налаштована за допомогою тріммера на платі датчика.

В газоаналізатор вбудований нагрівальний елемент, який необхідний для хімічної реакції. Тому під час роботи сенсор буде гарячим, це нормально. Для отримання стабільних показань новий сенсор необхідно один раз прогріти (дозволите) протягом 24 годин. Після цього стабілізація після включення буде займати близько хвилини.

Показання сенсора схильні до впливу температури і вологості навколишнього повітря. Тому в разі використання датчика газу в середовищі, що змінюється, при необхідності отримання точних свідчень, знадобиться реалізувати компенсацію цих параметрів.



Рисунок 3.2 - Датчик газу MQ-2

Газ, що детектується - Горючий газ, дим.

Діапазон чутливості 300-10000 ppm nRs (опір чутливого елемента) 1

20 кОм 50ppm толуол. Газ, для якого нормується датчик Ізобутан, 1000ppm.

Час відгуку ≤ 10 с. Чутливість $(R \text{ в повітрі}) / (R \text{ в присутності характерного газу}) \geq 5$ с.

Rh (опір нагрівача) $31\Omega \pm 3\Omega$. Ih (струм нагрівача) ≤ 180 mA. Vh (напруга нагрівача) $5V \pm 0,2$ V.

Ph (потужність нагрівача) ≤ 900 мВт. Vc (напруга схеми) ≤ 24 V.

Стандартні робочі умови:

- температура: $-10 \sim +50^\circ\text{C}$,
- вологість $\leq 95\%RH$,
- концентрація кисню: 21% (стандартні умови).

Умови зберігання:

- температура: $-20 \sim +70^\circ\text{C}$
- вологість: $\leq 70\%RH$.
- Конфігурація А або В (металевий або пластиковий корпус).

3.3 Інфрачервоний датчик руху

Дозволяє виявляти рух людини або свійської тварини на відстані до 7 метрів (можна регулювати). Має два входи живлення (+5В і Земля) і один цифровий вихід, за яким можна знімати дані. Якщо немає перешкод - на ньому буде високий рівень (3.3), якщо є низький (0В). Якщо перемичка встановлена в положення Н, то на виході буде високий рівень весь час, поки датчик буде вловлювати рух, якщо стан L, стан виходу буде перемикається з високого на низький і назад приблизно раз в секунду. Для більшості проектів положення Н більш переважний, але якщо ви керуєте чогось перемикається по фронту, можливо краще підійде положення L.



Рисунок 3.3 - Інфрачервоний датчик руху

Характеристики:

- дальність виявлення: 0 - 7m;
- діапазон спрацьовування: 110°;
- живлення: 4.5 - 6В;
- вихідна напруга логічного рівня: 0 - 3.3 В (2.7-5В регульоване);
- час затримки: 0.3-18 секунд (регулюється);
- метод спрацьовування: L неповторне перемикання;
- Н повторюване перемикання;
- споживаний струм: 0.05 мА;
- робочі температури: -20 ° с—+50 ° с; розміри: 32x24 мм.

Датчику потрібен час для адаптації до приміщення, для чого в ньому виключаються будь-які переміщення. Час адаптації становить приблизно 60 секунд, але можна використовувати інше значення. При виявленні руху вихід датчика подає сигнал високого

рівня, на екрані з'являється "Рух виявлено" - якщо помічений об'єкт, і "Немає руху" - у стані спокою.

3.4 Фоторезистор

Фоторезистор - напівпровідниковий прилад, що вимірює величину свого опору при опроміненні світлом. Не має р-п переходу, тому володіє однаковою провідністю незалежно від напрямку протікання струму. Фотоелектричний аналоговий, діаметр 5 мм Герметичний корпус, малий час відгуку (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Фоторезистор

Характеристики фоторезистора:

- герметичний корпус;
- швидкий час відгуку;
- добрі характеристики, широкий діапазон вимірювань

Застосування:

- детектор фотоспалахи;
- автовспышка для камери;
- контроль на виробництві;
- фотопереключателъ;
- електронні іграшки.

Специфікація:

- $V_{max}(VDC)$: 150;
- $P_{max}(mW)$: 90;
- навколишня температура °C: -30 - +70;
- спектральний максимум (NM): 540;
- час відгуку (мс): збільшення 20, зниження 30

3.5 Датчик Холла

Являє собою датчик магнітного поля, який працює на принципі ефекту Холла.

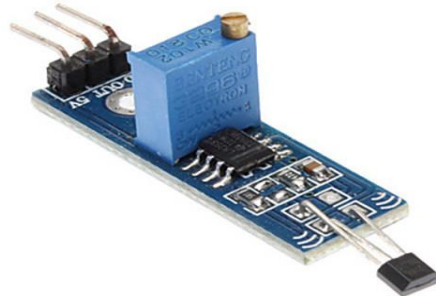


Рисунок 2.16 – Модуль датчика Холла LM393

Датчик побудований на чіпі LM393. Низький рівень на виході при спрацьовуванні датчика. На платі LM393 модуля розташований червоний світлодіод - індикатор спрацьовування датчика. Вихід датчика може бути з'єднаний безпосередньо з мікроконтролером.

Інтерфейс підключення LM393 модуля датчика Холла для Raspberry Pi:

- GND – земля .
- VCC – живлення: 5В .
- OUT – цифровий вихід (вихід компаратора) .
- Є монтажні отвори для легкої установки.

LM393 модуль датчика Холла для Raspberry Pi може використовуватися в якості безконтактного вимикачів, для безконтактних вимірювань струму в провідниках, управління двигунами, читання магнітних кодів, вимірювання рівня рідини (магнітний поплавок) і т. д. Також LM393 модуль датчик може бути використаний для визначення швидкості обертання двигуна, положення і т. д.

3.6 Датчик температури і вологості DHT11

Це цифровий датчик температури і вологості, що дозволяє калібрувати цифровий сигнал на виході. Складається з ємнісного датчика вологості і термістора. Також, датчик містить у собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості і температури.



Рисунок 3.12 - Датчик DHT11

Характеристики:

- визначення вологості 20-95% з 5% точністю;
- визначення температури 0-50 град. з точністю до 2 град;
- частота опитування не більш 1 Гц (не більше рази в 1 сек.);
- розміри 15.5 мм x 12мм x 5.5 мм;
- 4 виведення з відстанню між ніжками 0.1".

4 СПОСОБИ БЕЗДРОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ПРОМИСЛОВИХ МЕРЕЖАХ

4.1 Загальні відомості про промислових мережах

Промислової мережею називають комплекс обладнання і програмного забезпечення, які забезпечують обмін інформацією (комунікацію) між кількома пристроями. Промислова мережа є основою для побудови розподілених систем збору даних і управління.

Оскільки в промисловій автоматизації мережеві інтерфейси можуть бути невід'ємною частиною з'єднувальних пристроїв, а мережеве програмне забезпечення прикладного рівня моделі OSI виконується на основному процесорі промислового контролера, то відокремити мережеву частину від пристроїв, що об'єднуються в мережу, іноді фізично неможливо. З іншого боку, зміну однієї мережі на іншу часто можна виконати з допомогою заміни мережевого ПЗ та мережного адаптера або введенням перетворювача інтерфейсу, тому часто один і той же тип ПЛК може використовуватися в мережах різних типів.

З'єднання промислової мережі з її компонентами (пристроями, вузлами мережі) виконується за допомогою інтерфейсів. Мережевим інтерфейсом називають логічну і (або) фізичну межу між пристроєм і середовищем передачі інформації. Зазвичай цією межею є набір електронних компонентів і пов'язаного з ними програмного забезпечення. При істотних модифікаціях внутрішньої структури пристрою або програмного забезпечення інтерфейс залишається без змін, що є однією з ознак, що дозволяють виділити інтерфейс у складі обладнання.

Найбільш важливими параметрами інтерфейсу є пропускну здатність і максимальна довжина кабелю підключається. Промислові інтерфейси зазвичай забезпечують гальванічну розв'язку між сполучуваними пристроями. Найбільш поширені в промисловій автоматизації послідовні інтерфейси RS-485, RS-232, RS-422, Ethernet, CAN, HART, AS-інтерфейс.

Для обміну інформацією взаємодіють пристрої повинні мати однаковий протокол обміну. У найпростішій формі протокол - це набір правил, які управляють обміном інформацією. Він визначає синтаксис і семантику повідомлення, операції керування, синхронізацію і стану при комунікації. Протокол може бути реалізований апаратної, програмної або програмно-апаратної. Назва мережі зазвичай збігається з назвою протоколу, що пояснюється його визначальною роллю при створенні мережі. Зазвичай мережа використовує кілька протоколів, утворюють стек протоколів - набір пов'язаних комунікаційних протоколів, які функціонують спільно і використовують деякі або всі сім

рівнів моделі OSI. Для більшості мереж стек протоколів реалізований з допомогою спеціалізованих мережевих мікросхем або вбудований в універсальний мікропроцесор.

Взаємодія пристроїв в промислових мережах виконується у відповідності з моделями клієнт-сервер або видавець-читач (виробник-споживач). У моделі клієнт-сервер взаємодіють два об'єкта. Сервером є об'єкт, що надає сервіс, т. е. який виконує деякі дії за запитом клієнта. Мережа може мати декілька серверів і клієнтів. Кожен клієнт може посилати запити декількох серверів, а кожен сервер може відповідати на запити декількох клієнтів. Ця модель зручна для передачі даних, які з'являються періодично або в заздалегідь відоме час, як, наприклад, значення температури в періодичному технологічному процесі. Однак ця модель незручна для передачі випадково виникає подій, наприклад, події, що складається у випадковому спрацюванні датчика рівня, оскільки для отримання цієї події клієнт повинен періодично, з високою частотою, запитувати стан датчика і аналізувати його, перенавантажуючи мережу непотрібним трафіком.

У моделі взаємодії видавець-читач є один видавець і безліч передплатників. Передплатники повідомляють видавцеві список тегів, значення яких вони хочуть отримувати за визначеним розкладом або по мірі появи нових даних. Кожен клієнт може підписатися на свій набір тегів. У відповідності з встановленим розкладом видавець розсилає передплатникам запитану інформацію.

У будь-якій моделі взаємодії можна виділити пристрій, що управляє іншим (підлеглим) пристроєм. Пристрій, що проявила ініціативу в обміні, називають провідним, головним чи майстром (Master). Пристрій, який відповідає на запити майстра, називають веденим, підпорядкованим або слейв (Slave). Ведений пристрій ніколи не починає комунікацію першим. Воно чекає запиту від ведучого і тільки відповідає на запити. Наприклад, в моделі клієнт-сервер клієнт є майстром, сервер - підлеглим. У моделі видавець-читач на етапі підписки майстром є клієнт, а на етапі розсилки публікацій - сервер.

У мережі може бути одне або декілька провідних пристроїв. Такі мережі називаються, відповідно, одномастерними або многомастерними.

У многомастерній мережі виникає проблема вирішення конфліктів між пристроями, що намагаються одночасно отримати доступ до середовища передачі інформації. Конфлікти можуть бути дозволені методом передачі маркера, як, наприклад, в мережі Profibus, методом побітного порівняння ідентифікатора (використовується в CAN), методом прослуховування мережі (використовується в Ethernet) і методом запобігання колізій (використовується в бездротових мережах).

У всіх мережах застосовується "широкомовна розсилка" без певного адреси, тобто всім учасникам мережі. Такий режим використовується зазвичай для синхронізації процесів

в мережі, наприклад, для одночасного запуску процесу введення даних усіма пристроями введення або для синхронізації годин.

Деякі мережі використовують багато абонентський режим, коли одне і те ж повідомлення надсилається кільком пристроям одночасно. Передача інформації в мережі виконується через канал між передавальним та приймальним пристроєм. Канал є поняттям теорії інформації і включає в себе лінію зв'язку і приємопередаючий пристрій. У загальному випадку замість терміна "лінія зв'язку" використовують термін "середовище передачі", в якості якої може виступати, наприклад, оптоволокно, ефір або скручена пара дротів.

У розподілених системах на основі промислових мереж може бути п'ять типів даних: сигнали, команди, стану, події, запити.

Сигнали - це результати вимірювань, отримані від датчиків і вимірювальних перетворювачів. Їх "час життя" дуже короткий, тому часто потрібно отримати тільки останні дані і в максимально короткий термін.

Команди - це повідомлення, які викликають деякі дії, наприклад, закриття клапана або включення ПД-регулятора. Більшість систем повинні обробляти потоки команд, які передаються адресату з високою надійністю і їх не можна передати повторно.

Стан показує поточний або майбутній стан системи, в яку вона повинна перейти. Вимога до часу доставки може бути не так жорстким, як для команд; прийняті стан може бути надісланий повторно. Подія настає зазвичай при досягненні поточних параметром граничного значення. Наприклад, подією може бути вихід температури за технологічно допустиму межу. За появою події повинні слідувати відповідні дії, тому для подій особливо важливо вимога гарантованого часу доставки.

Запит - це команда, що посилається для того, щоб отримати відповідь. Прикладом може бути запит серверу, який видає на нього відповідь.

Мережі можуть мати топологію зірки, кільця, шини або змішану. "Зірка" в промисловій автоматизації використовується рідко. Кільце використовується в основному для передачі маркера в многомастерних мережах. Шинна топологія є загальноприйнятою, що є однією з причин застосування терміна "промислова шина" замість "промислова мережа". До загальної шини в різних місцях може бути підключена довільна кількість пристроїв.

Основними параметрами промислових мереж є продуктивність і надійність. Продуктивність мережі характеризується часом реакції і пропускну здатністю.

Час реакції мережі визначається як інтервал часу між запитом провідного пристрою і відповіддю веденого за умови, що ведене пристрій має пренебрежимо малу затримку вироблення відповіді на запит.

Пропускна здатність мережі визначає кількість інформації, переносимої мережею в одиницю часу. Вимірюється в біт/с і залежить від швидкодії мережевих приймачів і середовища передачі.

Важливою характеристикою промислових мереж є надійність доставки даних. Надійність характеризується коефіцієнтом готовності, ймовірністю доставки даних, передбачуваністю часу доставки, безпека, відмовостійкість.

Коефіцієнт готовності дорівнює відношенню часу напрацювання до відмови до суми часу напрацювання до відмови і часу відновлення після відмови. Ймовірність доставки даних визначається завадостійкістю каналу передачі і детермінованістю доступу до каналу. В бездротових мережах ймовірність втрати пакетів при передачі набагато вище, ніж у провідних. У мережах з випадковим методом доступу до каналу існує ймовірність того, що дані ніколи не будуть доставлені абоненту.

Час доставки даних в офісних мережах Ethernet є випадковою величиною, проте в промисловому Ethernet ця проблема вирішена застосуванням комутаторів.

Безпека - це здатність мережі захистити передані дані від несанкціонованого доступу. Відмовостійкість - це здатність мережі продовжувати функціонування при відмові деяких елементів.

При цьому характеристики системи можуть погіршитися, але вона не втрачає працездатності. Останнім часом з'явився термін "якість обслуговування" (QoS - "Quality of Service"). QoS визначає ймовірність того, що мережа буде передавати заданий потік даних між двома вузлами у відповідності з потребами програми.

4.2 Бездротові мережі WPAN

У сучасному світі існує величезна різноманітність бездротових мереж, вони знайшли своє застосування в організації передачі даних в дуже короткі терміни, такий спосіб передачі інформації дуже підходить для промисловості. Такі мережі можна представити кількома способами, все залежить від швидкості, призначення і дальності переданої інформації:

- персональні мережі WPAN (Wireless Personal Area Networks)
- бездротові локальні мережі WLAN (Wireless Local Area Networks)
- бездротові мережі масштабу WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks), які включають в себе (WiMax, WBWA/3GPP)

– WAN (Wide Area Networks), в даній мережі присутній властивість організації магістральної бездротового зв'язку між містами і навіть супутниковий зв'язок.

Слід зауважити, що з метою створення єдиної бездротовий транспортної мережі підприємства BACKHAUL в розроблювальному проекті стандарту ISA100.15 враховані практично всі перераховані вище категорії бездротових мереж. Цілком певна роль відведена мереж WPAN, які в даний час досліджуються з точки зору їх застосування для розв'язання прикладних задач, в тому числі для передачі мовної інформації. Імовірно, ніхто не буде заперечувати проти надання персоналу нових видів мобільного зв'язку на виробництві, яка крім стільникових мереж (WMAN) буде реалізована в мережах WPAN.

Як відомо, характерною особливістю WPAN є їх невисоке енергоспоживання. Тому використання в радіоустройствах автономних джерел електроживлення дозволяє віднести ці мережі до мобільних засобів зв'язку з обмеженим радіусом дії (на відміну від WMAN або WAN). Мережі WPAN стають незамінними всередині виробничої інфраструктури, особливо в тих місцях, де відсутній доступ стільникового мобільного зв'язку або її можна використовувати на території підприємства.

С допомогою мобільних додатків оператор не тільки може постійно відстежувати технологічний процес (АСУ ТП), але і обмінюватися мовними повідомленнями по бездротової локальної мережі з персоналом, який обслуговує цей промисловий комплекс. В результаті оператор завжди має можливість отримати повну картину про стан виробництва за рахунок використання єдиної бездротової сенсорної середовища, яка може простягатися на багато кілометрів. Наприклад, використання датчиків, об'єднаних бездротовою мережею комірчастої структури, може забезпечити мобільність управління виробничим процесом і підприємством в цілому.

В даний час мережі WPAN представлені двома класами: з укороченим радіусом дії (до 10 м) і із збільшеним радіусом дії (до 100 м), що дозволяє їм по своїм функціональним можливостям перебувати на стику з WLAN.

Персональні мережі можуть бути створені на базі різних технологій, наприклад:

- Bluetooth (IEEE 802.15.1)
- ZigBee (IEEE 802.15.4) & 6LoWPAN
- WiMedia/MBOA UWB (Ultra Wideband) стандарту ECMA368 (на базі IEEE802.15.3a)
- DS-UWB Forum стандарту IEEE802.15.4a.

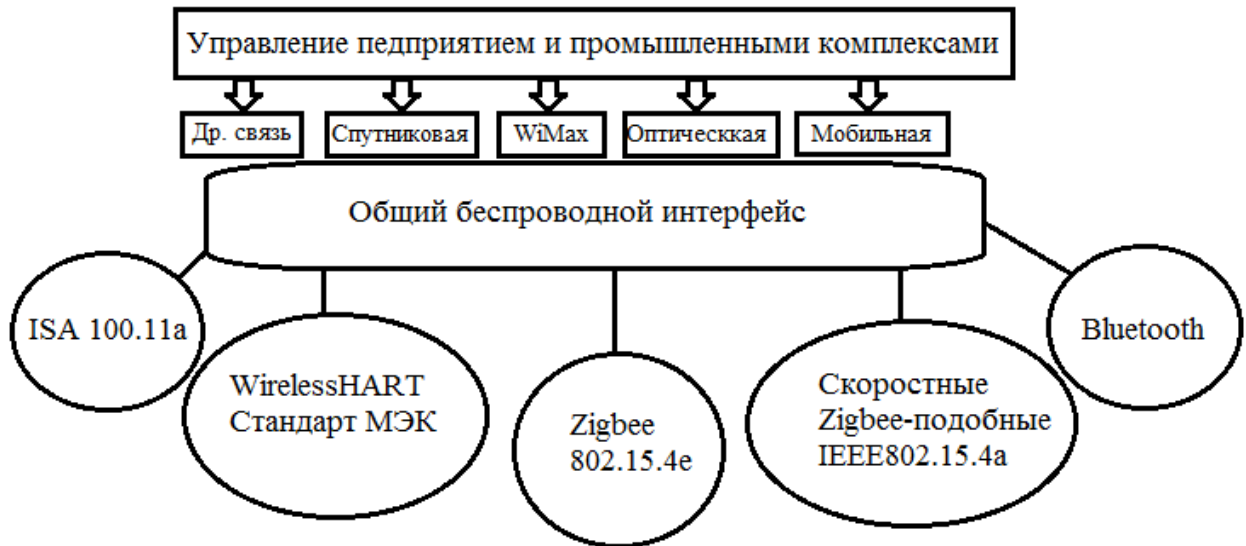


Рисунок 4.1 - Бездротовий транспортний інтерфейс для промислових мереж

Таблица 4.1 - Порівняння стандартів 802.15 і 802.12

Стандарт/характеристика	802.15.4 ZigBee™	802.15.1 Bluetooth	ECMA 368 (802.15.3a for High Rate WPAN), WiMedia (MB UWB OFDM)	802.15.4a DS-UWB Chirp (CSS)	802.11b Wi-Fi
1	2	3	4	5	6
Додатки	Моніторинг, управління, мережі датчиків, домашня/промислова автоматика	Голос, дані, заміна кабелів (проводового на бездротовий канал)	Потокові мультимедійні дані, заміна кабелів аудіо-відеосистем		Дані, голос, відео, LAN
Переваги	Ціна, енергозбереження, розміри мережі, вибір частотних діапазонів, DSSS і PSSS	Ціна, енергозбереження, передача голосу, FH	Висока швидкість, енергозбереження		Великий діапазон швидкості, DSSS
Частота	868 МГц 915 МГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц	3,1-10,6 ГГц	3,1-10,6 ГГц 2,4 ГГц

Продовження табл.4.1

1	2		3	4	5	6	
Макс. швидкість	20 Кбит/с	40 Кбит/с	250 Кбит/с	1, 3, 24 Мбит/с (доп. 55 Мбит/с)	53,3; 80; 106,7 МГц Доп.: 160, 200, 320, 400, 489 Мбит/с	250 Кбит/с, 1 Мбит/с (chirp); 110 Мбит/с (10 м)	1 Мбит/с 2 Мбит/с 11 Мбит/с
Вихідна потужність	От 0 дБм (1 мВт)		0 дБм (клас 3) 4 дБм (клас 2)	0 дБм	<100 мВт (110 Мбит/с) <250 мВт	20 дБм	
Дальність	1–10 м (укорочений радіус дії) 10-100 м (збільшений радіус дії)		1–5 м (клас 3 - укорочений радіус) до 15 м (клас 2) 100 м (клас 1)	5...50 м	10 м (110 Мбит/с) 4 м (200 Мбит/с) 2 м (480 Мбит/с)	10 м 100 м	
Чутливість (специфікація)	-92 дБм	-85 дБм	-70 дБм	-75 дБм		-76 дБм	
Розмір стека	4...32 Кбайт		Більш 250 Кбайт			Більше 1 Мбайт	
Термін служби батареї	100–1000+ днів		1–7 днів	Немає статистики Теоретично понад 1000 днів		0,5–5 днів	
Розмір мережі	65536 (16- бітові адреси), 264 (64-бітові адреси)		Майстер +7	До 127/хост		32	

Персональні мережі WPAN укороченого радіусу дії в основному використовуються для безпроводного об'єднання окремих пристроїв між собою (включаючи комп'ютерну, побутову та оргтехніку), а мережі збільшеного радіусу дії застосовуються у вигляді Piconet-мереж (як варіант - мереж Scatternet) для обміну інформацією, а також для її обміну з мережами більш високого рівня, в тому числі з виходом в інтернет.

Таким чином, основне призначення WPAN - або створення бездротових з'єднань (замість кабелів) на невеликих відстанях (1...10 м) або бездротової транспортної середовища для обміну інформацією в деякому обмеженому просторі, наприклад, у будинках адміністративно-офісного типу з радіусом дії 10...100 м.

Персональні мережі в їх класичному розумінні, як правило, відносяться до категорії бездротових самоорганізуючих мереж (ad-hoc). Це бездротові (однорангові мережі з децентралізованим управлінням, де кожен пристрій може виступати в якості ініціатора при спробі передати інформацію іншому пристрою через ретранслятори.

Визначення того, якого пристрою пересилати дані, проводиться динамічно або на основі зв'язності мережі з перемінним кількістю мобільних вузлів у деякому обмеженому просторі (мережі Piconet або Scatternet) або на основі заздалегідь створеної (запрограмованої) зв'язності мережі з фіксованою кількістю елементів, що зберігають інформацію про передачу даних за певними варіантами маршрутів. Останній варіант бездротової мережі може досягати відстані в кілька кілометрів, представляючи собою розподілену структуру, яка самоорганізується. Такі мережі переважно використовуються на довгих трасах трубопроводів нафтоперегінних або хімічних підприємств.

4.3 Bluetooth

В даний час існує три широко поширених стандарту на бездротові мережі: Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4) і Wi-Fi (IEEE 802.11). Обладнання для цих мереж не потребує отримання ліцензії (що в багатьох випадках найбільш важливо), хоча і вимагає реєстрації.

Bluetooth був спроектований на базі стандарту IEEE 802.15.1 спеціально для заміни кабелю при з'єднанні різних пристроїв офісної та побутової техніки з використанням частотного діапазону ISM 2,4 ГГц.

Специфікація Bluetooth підтримується організацією SIG (Bluetooth Special Interest Group), утвореної в 1998 р. і включає 1900 членів. У системах автоматизації Bluetooth зручний для запису програм в ПЛК, дистанційного зчитування показників з накопичувачів інформації. Він організований у вигляді "пікомереж" (piconet), в яких одне провідне пристрій здійснює взаємодію не більше ніж з сімома веденими. Ведені пристрої можуть взаємодіяти тільки через провідне. Кожен пристрій може бути членом чотирьох пікомереж одночасно, але головним може бути тільки в одній з них. Такий пристрій виконує роль моста між пикосетями. Кілька взаємодіючих пікомереж утворюють так звану scatternet ("розкидану мережа").

Трафік в мережі організований з тимчасовим поділом каналів і дуплексної передачею. Тимчасовий поділ здійснюється інтервалами (тимчасовими слотами) завдовжки 625 мкс. Провідні пристрої можуть починати передачу тільки протягом інтервалів з непарними номерами, ведені відповідати протягом парних інтервалів. Протягом кожного інтервалу можна передати 366 біт.

У Bluetooth використовується широкосмуговий модуляція типу FHSS. Перехід з однієї частоти на іншу виконується за випадковим законом, який встановлюється для кожного

з'єднання індивідуально. Це підвищує ступінь захисту інформації. Несуча частота змінюється 1600 разів в секунду. Швидкість передачі дорівнює 433,9 Кбіт/с.

Якщо пікомережі розташовані близько одна від одної, то вони можуть впливати один на одного, оскільки між ними немає ніякої синхронізації. Щоб зменшити ймовірність взаємовпливу, використовується адаптивний метод стрибкоподібної зміни частоти АФН.

На канальному рівні використовуються два типи пакетів даних: ACL (Asynchronous ConnectionLess - "асинхронний без прямого з'єднання каналів") і SCO (synchronous connection-oriented - "синхронний з прямим сполученням"). ACL - пакети використовуються спільно з перевіркою контрольної суми (CRC). Якщо контрольні суми приймача і передавача не збігаються, запитується повторна передача пакета. Використовується шість різних ACL пакетів, що охоплюють різну кількість часових слотів. ACL пакети використовуються в тому випадку, коли цілісність даних важливіше швидкості їх доставки.

Пакети SCO підтримують трафік реального часу шляхом резервування тимчасових слотів. Повторна передача тут не допускається, хоча є "розширений" варіант SCO, в якому допускається обмежена кількість повторних передач. Існує три типи SCO пакетів однакової довжини (HV3, HV2, HV1), 366 мкс, які дозволяють передавати дані зі швидкістю 64 кбіт/с.

Кожне Bluetooth пристрій має 48-бітовий адресу. Більшість Bluetooth пристроїв мають потужність передавача 1 мВт, проте дозволено наступний ряд потужностей, ділив всі пристрої на три класи:

- клас 1 - до 100 мВт (максимальна дальність дії на відкритому просторі до 100 м);
- клас 2 - до 2,5 мВт (максимальна дальність дії на відкритому просторі до 15 м);
- клас 3 - до 1 мВт (максимальна дальність дії на відкритому просторі до 5 м).

Можна назвати такі переваги технології Bluetooth: малі розміри обладнання, простота використання, безпека передачі інформації (завдяки аутентифікації і кодування), хороша підтримка стандартів. До недоліків можна віднести відносно велике споживання енергії і неможливість побудови мереж складної конфігурації.

Ці особливості пов'язані з тим, що Bluetooth вирішує проблему заміни кабелів для пристроїв, що підключаються до комп'ютера, а не проблему створення бездротової LAN.

4.4 ZigBee

Стандарт IEEE 802.15.4 є самим новим у серії бездротових (прийнятий у жовтні 2003 р.). На його основі ZigBee Alliance розробив специфікацію протоколів мережного і прикладного рівня, які анонсував у грудні 2004 року під назвою "ZigBee". ZigBee Alliance включає в себе понад 180 фірм, що працюють спільно над просуванням стандартів, стека

протоколів і прикладних профілів для споживчого і промислового сектора економіки. Прикладні профілі орієнтовані, зокрема, на автоматизацію будівель, промисловий моніторинг, вентиляцію та кондиціонування, роботу з датчиками. Специфікація ZigBee описує побудову мережі, питання безпеки, прикладне програмне забезпечення.

Основною областю застосування ZigBee/IEEE 802.15.4 є передача інформації від рухомих і обертових частин механізмів (конвеєрів, роботів), промислові системи керування і моніторингу, бездротові мережі датчиків, відстеження маршрутів руху та місцезнаходження майна та інвентарю, "інтелектуальне" сільське господарство, системи охорони.

На відміну від інших бездротових технологій, де ставиться завдання забезпечити високу швидкість передачі, велику дальність або високу якість обслуговування, ZigBee/IEEE 802.15.4 створювався спочатку за критеріями малої дальності дії, низької ціни, низьку споживану потужність, низькій швидкості передачі і малих габаритів. Ці властивості ідеально відповідають вимогам до більшості промислових датчиків. Тому ZigBee часто ототожнюють з промисловими бездротовими сенсорними мережами WSN (Wireless Sensor Network).

Пристрої ZigBee використовуються в застосуваннях, де Bluetooth виявляється занадто дорогим, і не потрібна висока швидкість передачі.

ZigBee, як і Bluetooth, використовує неліцензійний діапазон 2,4 ГГц. Стандарт передбачає також використання частот 868 МГц у Європі та 915 МГц у США. Максимальна швидкість передачі становить 250 кбіт/с в діапазоні 2,4 ГГц. Діапазон 2,4 ГГц розділений на 11...26 каналів шириною по 5 МГц кожен. Незважаючи на те, що вся ідеологія стандарту IEEE 802.15.4 побудована на припущенні, що типова зв'язок буде здійснюватися на відстані близько 10 м, стандарт не встановлює вимог до потужності передавача. Цей параметр регулюється нормативними документами в галузі радіозв'язку, специфічними для кожної держави. Найбільше поширення на ринку мають передавачі потужністю 1 мВт, які забезпечують зв'язок на відстані до 10 м в приміщенні, а також передавачі потужністю 10 мВт, що збільшують відстань до 80 м в приміщенні і до 1 км в умовах прямої видимості. Дальність зв'язку можна збільшити застосуванням антен спеціальної конструкції.

Вона включає в себе фізичний рівень (PHY), каналний рівень складається з підрівня доступу до середовища передачі MAC і LLC (сенс позначень див. в описі Ethernet), які визначаються стандартом IEEE 802.15.4, а також мережевий рівень NWK (NetWork) і рівень додатків APL, що складається з підрівня підтримки додатків (APplication Support sub-layer - APS), підрівня об'єктів пристроїв ZigBee (ZigBee Device Object - ZDO) та об'єктів Application Objects, визначаються виробником ZigBee-пристроїв.

Таблиця 4.2 – Рівні моделі OSI мережі ZigBee/IEEE 802.15.4

Номер рівня	OSI модель	Мережа	Функції
7	Прикладної	APL (APS, ZDO и Application Objects) ZigBee	Передача повідомлень, виявлення пристроїв, визначення ролі пристроїв
6	Рівень представлення	–	–
5	Сеансовий	–	–
4	Транспортний	–	–
3	Мережний	NWK ZigBee	Безпека, маршрутизація
2	Канальний (передачі даних)	LLC IEEE 802.15.4	CSMA/CA, передача маячків, синхронізація
		SSCS IEEE 802.15.4	
		MAC IEEE 802.15.4	
1	Фізичний	PHY IEEE 802.15.4	Радіоканал 2,4 ГГц

Підрівень MAC управляє доступом до радіоканалу, використовуючи метод CSMA/CA. Він також відповідає за передачу маячків фреймів, синхронізацію і забезпечення надійних методів передачі інформації. Підрівень SSCS (Service Specific Convergence Sublayer - "підрівень зближення специфічних сервісів") виконує роль інтерфейсу між підрівнями LLC і MAC. Підрівень LLC виконує зв'язок мережевого рівня з рівнем MAC.

Рівень NWK використовує методи, що забезпечують:

- реєстрацію в мережі нового пристрою і виключення його з мережі;
- забезпечення безпеки при передачі кадрів;
- вказівка маршруту кадру до місця призначення;
- прокладку маршрутів між пристроями в мережі;
- виявлення в мережі найближчих сусідів;
- запам'ятовування необхідної інформації про сусідніх вузлах.

В ZigBee є три типи пристроїв:

- координатор - формує топологію мережі і може встановлювати мости з іншими мережами. У кожній ZigBee мережі маєтись тільки один координатор;
- маршрутизатор - працює як проміжне ланка, передаючи в потрібному напрямку дані від інших пристроїв;
- кінцеве пристрій – передає дані координатору або маршрутизатора і не може зв'язуватися з аналогічними йому пристроями.

Рівень NWK координатора відповідає за організацію нової мережі, коли це потрібно і призначення адрес нових пристроїв, що підключаються до мережі.

Підрівень APS рівня додатків забезпечує:

- обслуговування таблиць для зв'язування пристроїв мережі на основі
- інформації про потреби і можливості зв'язування;

- передачу повідомлень між пов'язаними пристроями;
- визначення групової адреси пристроїв, видалення і фільтрацію повідомлень з груповими адресами;

- відображення 64-бітної адреси в 16-бітний;
- фрагментацію, перекомпонування і транспортування даних.

Підрівень ZDO забезпечує:

- визначення ролі пристроїв в мережі (координатор, маршрутизатор або кінцевий пристрій);
- ініціювання або відповідь на запит з'єднання;
- захист інформації;
- виявлення пристроїв у мережі і визначення, який вони надають сервіс.

Топологія Zigbee-мережі підтримується рівнем NWK і може мати форму зірки, дерева або комірчастої мережі. У топології типу зірки мережа контролюється координатором. Координатор відповідає за ініціалізацію та обслуговування мережевих пристроїв і кінцевих пристроїв, безпосередньо взаємодіючих з координатором. У комірчатою і деревоподібну структуру мережі координатор відповідає за організацію мережі та вибір деяких ключових параметрів, але мережа може бути розширена за допомогою ZigBee маршрутизаторів. У мережі з деревоподібною топологією маршрутизатори переміщують дані і управляючі повідомлення по мережі, використовуючи ієрархічну стратегію маршрутизації. Деревоподібні мережі можуть використовувати маячкову стратегію маршрутизації.

Комірчата мережа повинна забезпечити повну однорангову комунікацію пристроїв, тобто в комірчатою мережі немає пристроїв різних рангів (координаторів, маршрутизаторів і т. п. - всі пристрої рівноправні).

Фізичний рівень моделі OSI забезпечує інтерфейс між стеком протоколів і середовищем передачі інформації (ефіром). Фізичний (PHY) і канальний (MAC) рівні моделі OSI (Денисенко) визначені в стандарті IEEE 802.15.4. Вони мають такі основні характеристики:

- швидкість передачі: 250 кбіт/с;
- короткий 16-бітний адресу або розширений довжиною 64-біта;
- виділення інтервалу часу для передачі інформації кожен вузлом;
- метод доступу до каналу типу CSMA/CA;
- протокол обміну з повідомленням про отримання;
- мале споживання потужності;
- контроль рівня енергії;

- наявність індикатора якості зв'язку;
- 16 каналів в діапазоні 2,45 ГГц.

Стандарт IEEE 802.15.4 використовує модуляцію типу OQPSK - "Offset-Quadrature Phase-Shift Keying", "зміщена квадратурна фазова маніпуляція".

Основним призначенням фізичного рівня є прийом і передача даних через радіоканал. Тут також вимірюється потужність радіосигналу, оцінюється якість зв'язку і чистота каналу, здійснюється вибір каналу.

Підрівень MAC управляє маячком, доступом до каналу, виділяє гарантовані слоти часу, перевіряє достовірність передачі фреймів, передає кадр підтвердження про отримання, виконує частину роботи щодо забезпечення захисту інформації.

Стандарт допускає опціональне використання суперфреймової структури повідомлень. Формат суперфрейма визначається мережним координатором. Суперфрейм з двох сторін обмежується маячками, ділиться на 16 рівних по довжині слотів і надсилається мережним координатором. Маячок поміщається на місце першого слота кожного суперфрейма. Координатор може відключити режим повідомлень з маячками. Маячки використовуються для синхронізації приєднаних пристроїв, для ідентифікації мережі і для опису структури суперфрейма. Будь-які пристрої, які бажають розпочати процес комунікації в проміжок часу між двома маячками, повинні використовувати слотовий механізм доступу CSMA/CA. Передача повідомлень повинна бути закінчена до приходу наступного маячка.

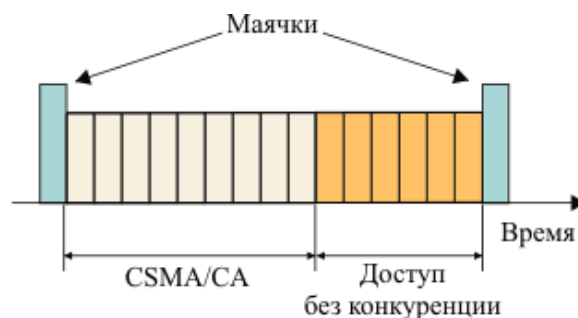


Рисунок 4.2 - Структура суперфрейма з гарантованими тимчасовими слотами

IEEE 802.15.4 встановлює два механізми доступу до каналу CSMA/CA, залежно від типу конфігурації мережі. У мережі без маячків використовується звичайний (бесслотовий) механізм доступу CSMA/CA. Кожен раз, коли пристрій збирається почати передачу, воно повинно витримати паузу випадкової величини після того, як канал звільниться. Випадкова затримка потрібна тому, що дуже ймовірно, що багато пристроїв мережі чекають звільнення каналу і тому після його звільнення можуть почати передачу одночасно. Якщо канал зайнятий, то пристрій може повторити спробу після повторної випадкової затримки. Фрейми підтвердження про отримання надсилаються відразу, без використання описаного алгоритму.

У мережі з маячками використовується слотовий (тактований) механізм доступу CSMA/CA, у якому початок тимчасового слоти повинно збігатися з кордоном суперфрейма мережевого координатора, тобто початок слота для кожного пристрою повинно бути синхронізовано з початком передачі маячка мережевим координатором. Оскільки пристрій не може почати передачу, поки не знайде маячок, а маячки розсилаються тільки мережевим координатором, то мережевий координатор з допомогою маячків виконує тактування актів обміну у всій мережі. При цьому рівень РНУ повинен забезпечити, щоб всі передачі в мережі починалися одночасно з початком слотів. Введення описаної синхронізації дозволяє зменшити ймовірність одночасної передачі повідомлень декількома вузлами мережі.

Для пристроїв, які вимагають термінової доставки або великої пропускну здатності каналу, мережевий координатор може зарезервувати частину суперфрейма, в якому буде відсутня конкуренція за канал, оскільки в цей час мережевий координатор забороняє будь-яку передачу всім іншим пристроям. Ця частина слотів суперфрейма називається гарантованими тимчасовими слотами (Guaranteed Time Slots - GTSs).

В IEEE 802.15.4 існує три типи обмінних процесів:

- передача від пристрою до мережного координатору;
- передача від мережевого координатора до пристрою;
- передача між двома одноранговими пристроями.

У зіркової топології використовуються тільки два перших варіанти, оскільки в ній не існує обмінів між одноранговими пристроями.



Рисунок 4.3 - Процес передачі даних від координатора до пристрою

Коли пристрій збирається передати дані координатору в мережі з маячками, воно спочатку намагається виявити маячок. Коли маячок знайдений, пристрій відповідає структурі суперфрейма. Пристрій передає дані координатору, використовуючи слотовий механізм CSMA/CA. У відповідь координатор надсилає кадр повідомлення про отримання.

На цьому циклі обміну закінчується. Якщо пристрій збирається передати дані в мережі без маячків, воно передає дані, використовуючи бесслотовий метод CSMA/CA.

Коли координатор бажає передати дані пристрою в мережі з маячками, він поміщає в маячок інформацію про те, що є дані, готові до передачі. Пристрій періодично аналізує зміст маячка і, якщо в ньому є інформація про наявність повідомлення, готового до передачі, пристрій передає команду запиту даних, використовуючи слотовий метод CSMA/CA. Координатор підтверджує прийом запиту даних за допомогою кадру повідомлення. Слідом за цим координатор відсилає дані, використовуючи слотовий метод доступу CSMA/CA. Пристрій підтверджує прийом даних відправкою повідомлення.

Якщо координатор збирається передати дані без використання маячка, він запам'ятовує дані і чекає запиту від пристрою. Пристрій може передати команду запиту даних координатору, використовуючи бесслотовий метод CSMA/CA. Координатор спочатку надсилає повідомлення про отримання (в тому ж циклі обміну), потім, використовуючи CSMA/CA, відсилає дані та отримує повідомлення про отримання від пристрою.

Структура фреймів була спроектована за критерієм мінімальної складності, що забезпечує надійну передачу даних в зашумленому каналі. У відповідності з моделлю OSI, кожен нижележачий рівень додає до протоколу свій заголовок. Стандарт передбачає чотири типи фреймів:

- кадр маячка;
- кадр даних;
- кадр повідомлення про отримання;
- кадр команд MAC-підрівня.



Рисунок 4.4 - Формат кадру даних за стандартом IEEE 802.15.4

Кадр даних починається з преамбули, яка спільно з полем "Старт" - служить для синхронізації даних у приймачі, поле "Довжина" містить довжину поля MAC-підрівня у 8-бітових байтах (октетах). Поле "Управління" містить службову інформацію про управління кадрами, поле "Номер" містить порядковий номер даних, поле "Адреса" містить адресну інформацію, в тому числі 16-бітний короткий або 64-бітний розширений адресу. Завершується кадр полем контрольної суми КС.

Особливістю мереж ZigBee є можливість виконувати ретрансляцію переданих даних через безліч проміжних вузлів в мережі, причому при виході з ладу або виключенні одного з вузлів мережі автоматично знаходить інший шлях для передачі інформації. При включенні живлення пристрою мережа заново включає його в свій склад. Стандарт розрізняє два типи пристроїв: повнофункціональні пристрої (FFD - Full-Function Device) і пристрої з скороченим набором функцій (RFD - Reduced-Function Devices). FFD можуть працювати у мережі з деревоподібною топологією в якості координатора мережі або в якості пристрою. FFD можуть обмінюватися інформацією з іншими FFD або RFD, але RFD можуть зв'язуватися тільки з FFD. RFD набагато простіше і дешевше, ніж FFD. Кожна мережа повинна містити принаймні одне повнофункціональний пристрій FFD. В залежності від вимог конкретного застосування, мережа на основі стандарту IEEE 802.15.4 може мати одну з двох топологій: зіркову або спеціалізовану ("рівний з рівним")

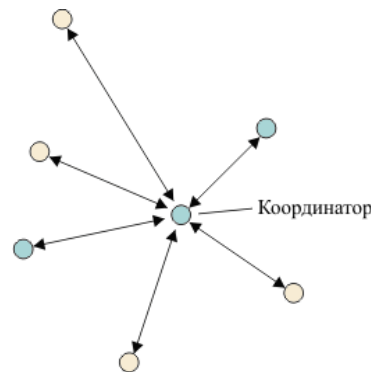


Рисунок 4.5 - Зоряна й однорангова топологія мережі, синій коло - повнофункціональний пристрій

Всі пристрої в мережі незалежно від топології повинні мати унікальний 64-бітний розширений адресу. Ця адреса використовується для комунікації у межах мережі або може бути змінений на короткий 16-бітний адресу, виділяється координатором у процесі підключення пристроїв до мережі. Координатор може бути підключений до мережі живлення, а інші мережеві пристрої можуть мати батарейне харчування.

Однорангова мережа також має координатора, проте вона відрізняється тим, що будь-який пристрій може обмінюватися даними з будь-яким іншим, якщо воно знаходиться в зоні досяжності радіозв'язку, в той час як у зірковій топології будь-який пристрій може взаємодіяти тільки з координатором. Зазначимо, що однорангова мережа виходить завжди дорожче, оскільки вона містить тільки повнофункціональні пристрої, але завдяки цьому вона дозволяє організувати мережі більш складної топології, у тому числі сотові. Більшість промислових застосувань вимагають застосування однорангових мереж. До них належать управління та моніторинг, сенсорні мережі, відстеження місцезнаходження майна товару,

"інтелектуальне" сільське господарство, системи безпеки. Однорангові мережі можуть бути спеціалізованими, самоорганізуючимися і самовідновлюються. Вони дозволяють передавати інформацію між вузлами мережі незалежно від відстані між ними, використовуючи проміжні вузли як ретрансляторів. Ці функції виконуються рівнем додатків моделі OSI.

Кілька мереж можуть взаємодіяти один з одним. Для цього кожна мережа повинна мати унікальний мережевий ідентифікатор. Завдяки йому всередині мережі можуть використовуватися скорочені адреси. Тому повна адреса пристрої для доступу ззовні (іншої мережі) складається з адреси мережі і короткого адреси пристрою.

Після першого включення повнофункціонального мережевого пристрою воно може організувати свою власну мережу і стати мережевим координатором. Всі мережі зіркової топології функціонують незалежно одна від іншої. Це досягається вибором мережевого ідентифікатора, який не використовується іншими мережами, що знаходяться в межах радіусу дії даної мережі. Після вибору мережевого ідентифікатора координатор може прийняти інші пристрої до складу мережі, як FFD, так і RFD.

В одноранговій мережі кожен пристрій може взаємодіяти з будь-яким іншим пристроєм, що знаходяться в межах радіусу дії. Одне з пристроїв призначається координатором, наприклад, те, яке першим включено в мережу. При подальшому розширенні мережі можна відійти від однорангової топології і створити гібридну топологію, в якій будуть міститися і пристрої з скороченою функціональністю.

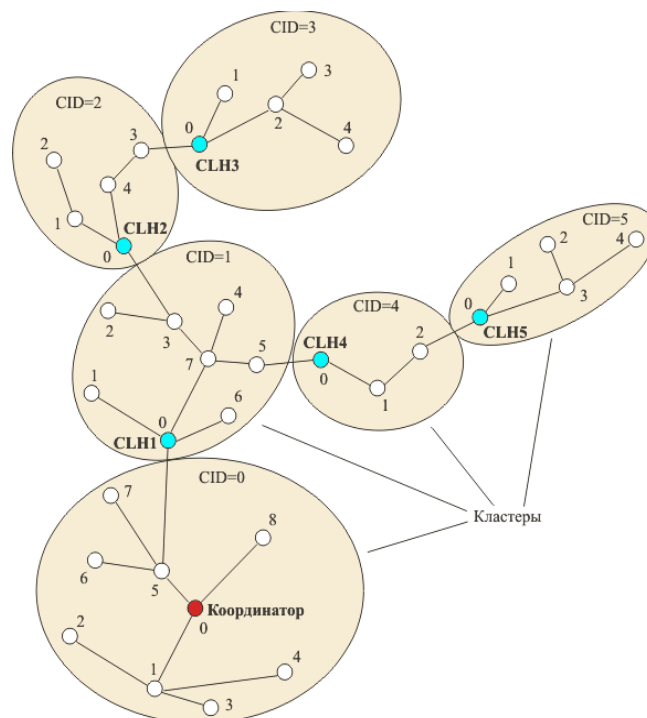


Рисунок 4.6 - Приклад мережі з топологією кластерного дерева, гілки вказують відносини підлеглості, а не канали зв'язку

Прикладом застосування спеціалізованої комунікації між пристроями може бути кластерний дерево (рис. 4.6). Кластерний дерево є спеціальним випадком однорангової мережі, в якій більшість пристроїв є повнофункціональними. Пристрої з скороченою функціональністю можуть бути підключені до кластерним дереву тільки як кінцеві вузли на кінцях гілок, оскільки вони можуть бути підключені тільки до одного повнофункціональному пристрою. Один (будь-який) з повнофункціональних пристроїв в мережі повинна грати роль мережевого координатора і забезпечувати синхронізацію з іншими пристроями.

Мережевий координатор повинен мати підвищені обчислювальні ресурси. При формуванні мережі типу кластерного дерева мережевий координатор призначає себе головою першого кластера (CLuster Head - CLH) і присвоює своєму кластеру ідентифікатор 0 (Cluster IDentifier CID=0) і вибирає ідентифікатор всього формованого кластерного дерева. Після цього координатор надсилає всім сусіднім пристроям трансляцію команду з маячкових кадром. Пристрої, які отримали маячок, можуть запитати дозволу приєднатися до формованому кластеру. Якщо мережевий координатор дозволяє приєднання, він додасть новий пристрій у свій список сусідніх пристроїв. Потім знову приєдналася пристрій додасть CLH в якості батьківського пристрою в список своїх сусідів і почне періодично посилати маячок. Тепер інші пристрої можуть приєднатися до нього. Якщо пристрій, що бажає приєднатися до мережі, не може знайти CLH, воно може під'єднатися до будь-якого іншого пристрою, яке може бути батьківським.

Найпростішим приватним випадком кластерного дерева є один кластер, однак кілька кластерів можуть об'єднуватися, утворюючи кластерний дерево (рис. 4.7). Для цього мережевий координатор призначає одне з повнофункціональних пристроїв головою сусіднього кластера і призначає йому номер кластера CID=1.

Рівень додатків пов'язує стек протоколів з кінцевим додатком користувача, наприклад, OPC сервером, який далі використовується для обміну даними з SCADA. Підрівень підтримки додатків APS забезпечує інтерфейс між мережним рівнем і рівнем додатків APL допомогою загального набору сервісів, які використовуються як рівнем об'єктів пристроїв ZDO, так і прикладними об'єктами Application Objects, що визначаються користувачем. Підрівень APS розподіляє між кінцевими мережевими пристроями інформацію, що поставляється додатком, наприклад, команди включення/вимикання лампочки в системі автоматизації будівлі.

Об'єкти додатків в ZigBee виконують такі функції, використовуючи загальнодоступний інтерфейс ZDO:

- контроль та координація різних рівнів протоколу для ZigBee

- пристроїв;
- ініціювання стандартних мережевих функцій.

Одним з компонентів мережі ZigBee є ZigBee пристрій. Прикладом може бути вимикач світла, термостат або віддалена система автоматичного управління, які мають доступ до радіоканалу. В одному і тому ж пристрої з одним радіоканалом можуть бути втілені логічно різні функції, наприклад, функція виміру ваги і функція вимірювання температури.

Кілька взаємодіючих пристроїв можуть утворювати автоматизовану систему управління, наприклад, АСУ "Розумний будинок". У такій системі підрівень APS моделі OSI забезпечує розподіл інформації, що подається власною програмою, між пристроями. Такою інформацією можуть бути, наприклад, команди "Включити світло", які посилаються від програми різним пристроям по радіоканалу.

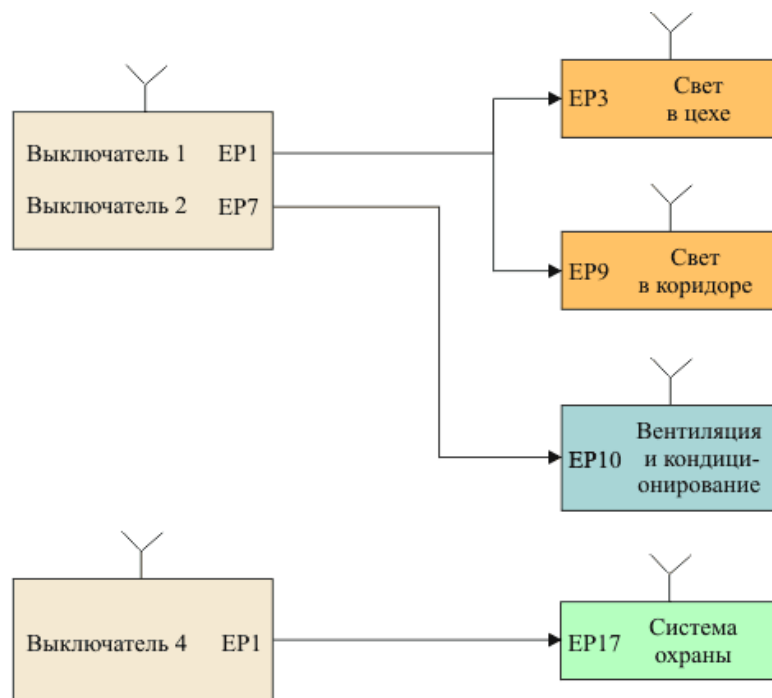


Рисунок 4.7 - Приклад зв'язування кінцевих точок у мережі ZigBee

Рівень підтримки додатків APS для реалізації своїх функцій використовує комунікаційні структури: профілі, кластери і кінцеві точки. Профіль описує колекцію (набір) пристроїв, що використовуються для деякої програми, і, неявно, схему повідомлень між цими пристроями. Наприклад, в ZigBee є профілі для системи домашньої автоматизації і профілі для комерційних, промислових і відомчих систем. Всі профілі використовують стандартні типи повідомлень, формати повідомлень і процедури їх обробки.

В рамках профілів пристрої обмінюються між собою за допомогою кластерів, які можуть виходити або входити в пристрій. Кластер - це повідомлення або колекція повідомлень, до складу яких можуть входити команди і відповіді на них. Наприклад, у

профілі для домашньої автоматизації є спеціалізований кластер для управління освітленням. До його складу можуть входити команди Включити/Виключити. До складу кластера може входити набір команд для конфігурування пристрою. Кожен кластер має свій ідентифікатор і є унікальним тільки в межах певного профілю.

Кінцева точка вказує об'єкт у межах пристрою, з яким взаємодіє додаток. Наприклад, кінцева точка EP1 (EP - від слів "End Point") може призначатися для управління світлом в цеху і коридорі, кінцева точка EP7 - для управління системою вентиляції і кондиціонування, кінцева точка 1 другого пристрою - для управління системою охорони будівлі. Кінцеві точки виконують функцію адресації та дозволяють визначити, якого пристрою призначено надіслане повідомлення. В межах одного пристрою вони мають індекси від 1 до 240. Без кінцевих точок управляти декількома об'єктами в межах одного пристрою було б неможливо, оскільки адресованим є тільки пристрій, а кінцеві точки - це суб-адреси з номерами від 1 до 240.

Зв'язку між кінцевими точками зберігаються у вигляді таблиці зв'язків, яка запам'ятовується в пристрої, від якого виходять команди управління, якщо пристрій має достатню для цього ємність пам'яті. Таблиця зв'язків може також зберігатися у допоміжному обладнанні.

Прагнучи забезпечити сумісність (точніше, інтероперабельність) пристроїв різних виробників в ZigBee системі, стандарт пропонує стандартні профілі, які містять стандартні набори кластерів. У разі, коли стандартні профілі не задовольняють потребам системного інтегратора, він може створити свій користувальницький профіль, включаючи визначення кластерів.

4.5 Wi-Fi

Основне призначення технології Wi-Fi (Wireless Fidelity - "бездротова точність") - бездротове розширення мереж Ethernet. Вона використовується там, де небажано чи неможливо використовувати дротові мережі. Наприклад, для передачі інформації від рухомих частин механізмів; якщо не можна свердлити стіни; на великому складі, де комп'ютер потрібно носити з собою.

Wi-Fi розроблений консорціумом Wi-Fi на базі серії стандартів IEEE 802.11 (1997 р.) і забезпечує швидкість передачі від 1...2 до 54 Мбіт/с. Wi-Fi консорціум розробляє прикладні специфікації для втілення стандарту Wi-Fi в життя, виконує тестування і сертифікацію продукції інших фірм на відповідність стандарту, організовує виставки, забезпечує необхідною інформацією розробників Wi-Fi обладнання.

Незважаючи на те, що стандарт IEEE 802.11 був ратифікований ще в 1997 р., Wi-Fi отримали широке поширення тільки в останні роки, коли істотно знизилися ціни на серійне мережеве обладнання. В промисловій автоматизації з безлічі стандартів серії 802.11 використовуються тільки два: 802.11 b зі швидкістю передачі до 11 Мбіт/с і 802.11 g до 54 Мбіт/с).

Таблиця 4.3 - Впусти моделі OSI для Wi-Fi/IEEE 802.11

Номер рівня	OSI модель	Мережа	Функції
7	Прикладної	–	–
6	Рівень подання	–	–
5	Сеансовий	–	–
4	Транспортний	–	–
3	Мережевий	–	–
2	Канальний (передачі даних)	Підрівень LLC	–
		Підрівень MAC	
1	Фізичний	Підрівень PLCP	Бездротова передача, оцінка стану ефіру
		Підрівень PMD	

Основне призначення фізичних рівнів - забезпечення інтерфейсу з бездротовий середовищем передачі (з ефіром), а також оцінка стану ефіру і взаємодія з рівнем MAC.

Фізичний рівень складається з двох підрівнів:

- PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) - виконує процедуру відображення рівня MAC PDU у кадр формату FHSS або DSSS. Ця процедура виконує передачу, виявлення несучої і прийом сигналу;

- PMD (Physical Medium Dependent) - "підрівень, яка залежить від середовища передачі". Цей рівень буде різним для різних швидкостей передачі і різних стандартів серії 802.11. Підрівень PMD забезпечує дані і сервіс для підрівня PLCP і функції радіопередачі прийому, результатом яких є потік даних, інформація про час, параметри прийому.

Основним робочим станом рівнів PLCP є виявлення несучої і оцінка незайнятості каналу. Для виконання передачі PLCP перемикає PMD з режиму "прийом" в режим "передача" і посилає елемент даних PPDU (PLCP Data Unit).

Фізичний рівень виконує скремблювання, кодування і чергування.

Передача сигналів по радіоканалу виконується двома методами: FHSS і DSSS (див. розділ "Проблеми бездротових мереж та шляхи їх вирішення"). При цьому використовується диференціальна фазова модуляція DBPSK і DQPSK (див. "Методи модуляції несучої") із

застосуванням кодів Баркера, комплементарних кодів (ССК - Complementary Code Keying) і технології подвійного згорткового кодування (PBCC).

Wi-Fi 802.11 g на швидкості 1 і 2 Мбіт/с використовує модуляцію DBPSK. При швидкості 2 Мбіт/с використовуються ті ж метод, що і при швидкості 1 Мбіт/с, однак для збільшення пропускної здатності каналу використовується 4 різних значення фази для фазової модуляції несучої.

Протокол 802.11 b, використовує додатково швидкості передачі 5,5 і 11 Мбіт/с. На цих швидкостях передачі замість кодів Баркера використовуються комплементарні коди (ССК).

Wi-Fi використовує метод доступу до мережі CSMA/ CA в якій для зниження ймовірності колізій використані наступні принципи:

- перш, ніж станція почне передачу, вона повідомляє, як довго вона буде займати канал зв'язку;
- наступна станція не може почати передачу, поки не закінчиться зарезервоване раніше час;
- учасники мережі не знають, прийнято їх сигнал, поки не отримають підтвердження про це;
- якщо дві станції почали працювати одночасно, вони зможуть дізнатися про це тільки з того факту, що не отримають підтвердження про прийом;
- якщо підтвердження не отримано, учасники мережі вичікують випадковий проміжок часу, щоб почати повторну передачу.

Запобігання, а не виявлення колізій, є основним у бездротових мережах, оскільки в них, на відміну від дротяних мереж, передавач трансивера заглушає приймається сигнал.

Формат кадру на рівні PLCP моделі OSI в режимі FHSS показаний на рис. 4.8. Він складається з наступних полів:

- "Синхроніз." - містить чергуються нулі та одиниці. Служить для підстроювання частоти на приймаючої станції, синхронізує розподіл пакетів і дозволяє вибрати антену (при наявності декількох антен);
- "Старт" - прапор початку кадру. Складається з рядка 0000 1100 1011
- 1101, яка служить для синхронізації кадрів на приймаючої станції;
- "PLW" - "Pdsu Word Length" - "слово довжини службового елемента даних PLCP", PSDU - "PLCP Service Data Unit" - елемент даних підрівня PLCP; вказує розмір кадру, що надійшов з рівня MAC, в октетах;
- "Швидкість" - вказує швидкість передачі даних кадру;
- "КС" – контрольна сума;

- "MAC- фрейму" - фрейм, який надійшов з MAC-рівня моделі OSI і містить PSDU;
- " Заголовок PLCP" - поля, додані на підрівні PLCP.

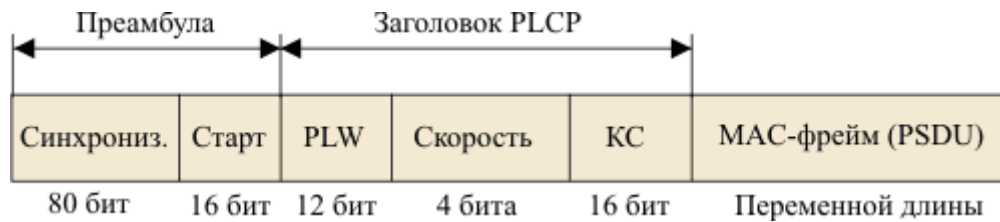


Рисунок 4.8 - Формат кадру PLCD для режиму FHSS

Формат кадру на рівні PLCP моделі OSI в режимі DSSS показаний на рис. 4.9. В ньому поля мають наступний сенс:

- "Синхроніз." - містить лише одиниці і забезпечує синхронізацію в приймальній станції;
- "Старт" - прапор початку кадру. Містить рядок 0 xF3A0, яка вказує на початок передачі параметрів, що залежать від фізичного рівня;
- "Сигнал" - вказує тип модуляції і швидкість передачі даного кадру;
- "Сервіс" - зарезервовано для майбутніх модифікацій стандарту;
- "Довжина" - вказує час у мікросекундах, необхідне для передачі MAC-кадру;
- "КС" – контрольна сума;
- "MAC-кадру" - фрейм, який надійшов з MAC-рівня моделі OSI і містить PSDU;
- "Заголовок PLCP" - поля, додані на підрівні PLCP.



Рисунок 4.9 - Формат кадру PLCD для режиму DSSS

Дальність зв'язку засобами Wi-Fi сильно залежить від умов поширення електромагнітних хвиль, типу антени і потужності передавача. Типові значення, вказані виробниками Wi-Fi обладнання, становлять 100-200 м в приміщенні і до декількох кілометрів на відкритій місцевості із застосуванням зовнішньої антени і при потужності передавача 50...100 мВт. Разом з тим, за повідомленням німецького тижневика "Computerwoche" під час змагань по дальності зв'язку була зафіксована зв'язок на відстані 89 км із застосуванням стандартного обладнання Wi-Fi стандарту IEEE 802.11 b (2,4 ГГц) та

супутникових антен ("тарілок"). У книзі рекордів Гіннеса зафіксована також Wi-Fi зв'язок на відстані 310 км із застосуванням антен, піднятих на велику висоту за допомогою повітряних куль.

Стандарт IEEE 802.11 встановлює три варіанти топології мереж:

- незалежні базові зони обслуговування (Independent Basic Service Sets, IBSS);
- базові зони обслуговування (Basic Service Sets, BSS);
- розширені зони обслуговування (Extended Service Sets, ESS).

Під зоною обслуговування тут розуміється набір логічно згруповані пристроїв. Кожна зона обслуговування має свій ідентифікатор (Service Set Identifier, SSID). Станція-приймач використовує SSID для визначення того, з якої зони обслуговування приходить сигнал.

В архітектурі IBSS станції зв'язуються безпосередньо одна з одною, без використання точки доступу і без можливості підключення до дротової локальної мережі. Зона обслуговування SSID використовується, зазвичай, для об'єднання в мережу малого кількості станцій, оскільки у ній не передбачена можливість ретрансляції сигналу для збільшення дальності зв'язку та механізми для вирішення проблеми прихованого сайту.

При використанні BSS станції спілкуються іншому з одним через загальний центральний вузол зв'язку, званий точкою доступу. Точка доступу зазвичай підключається до дротової локальної мережі Ethernet. Розширена зона обслуговування виходить при об'єднанні кількох BSS в єдину систему за допомогою розподільної системи, в якості якої може виступати дротова мережа Ethernet.

В таблиці 4.4 зведені основні параметри трьох розглянутих бездротових технологій. У таблиці відсутні дані про стандарти WiMAX, EDGE, UWB і багатьох інших, які не знайшли широкого застосування в промисловій автоматизації.

Таблиця 4.4 - Порівняння трьох провідних бездротових технологій

Параметр	Bluetooth/IEEE 802.15.1	ZigBee/IEEE 802.15.4	Wi-Fi/IEEE 802.11
Дальність	~10 (50-100) м	10-100 м	~100 м
Швидкість передачі	723 Кбит/с	250 Кбит/с	1...2 Мбит/с, до 54 Мбит/с
Макс. кількість учасників мережі	8	64 000	Не обмежено
Споживана потужність	10 мВт	1 мВт	50 мВт
Тривалість роботи від двох батарей розміру AA	–	6 міс. у режимі очікування	–
Повторна передача	Є	Є	DCF - нет; PCF и HCF - есть,
Основне призначення	Зв'язок периферії з ПК	Бездротові мережі датчиків	Бездротове розширення

5 ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Бездротові сенсорні мережі є основою для створення системи виявлення і моніторингу на промислових підприємствах. Основна ідея полягає у швидкому і своєчасне оповіщення оператора про можливих або вже виникли аномаліях для запобігання аварії на промисловому об'єкті.

Для організації такого роду системи знадобиться контролюючі пристрій, яке буде здійснювати збір і передачу даних з підключених у систему датчиків. В даній роботі в якості контролюючого пристрою був обраний мініатюрний комп'ютер Raspberry Pi 2 Model 2, який і буде здійснювати збір і пересилку даних.

Зчитування даних буде відбуватися з підключених до мікроконтролера певних датчиків і подалі її пересилання у вигляді email повідомлень на пункт збору інформації. Передача даних буде здійснюватися шляхом надсилання повідомлень через Інтернет підключений до контролюючого пристрою на пряму або через підключення до Wi-Fi мережі за допомогою адаптера.

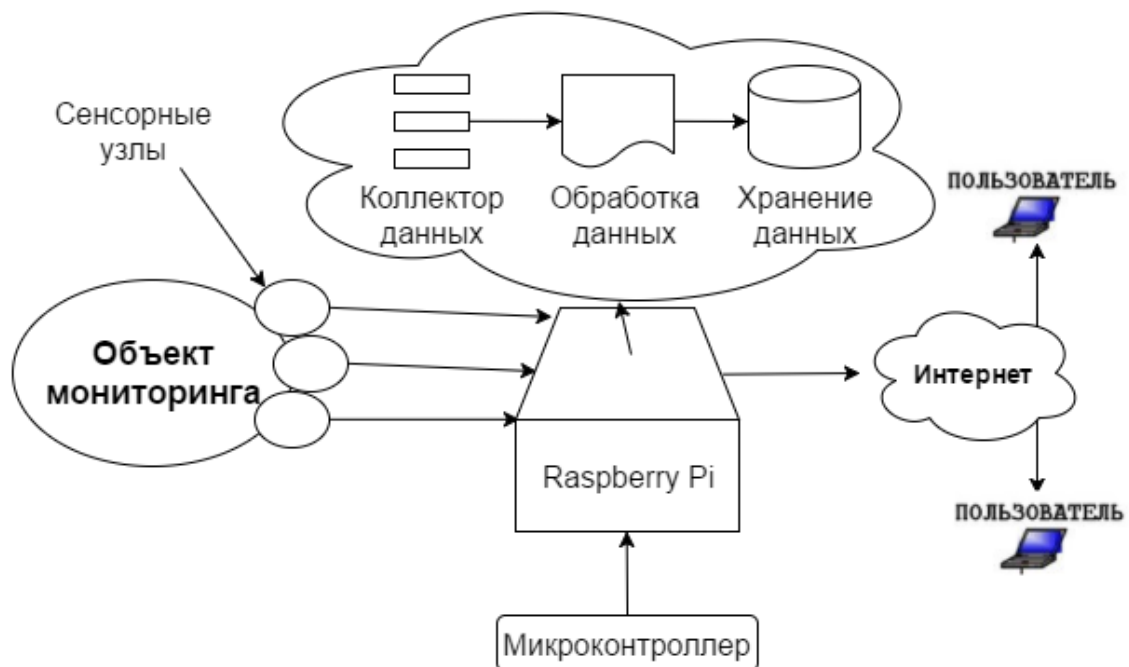


Рисунок 5.1 - Схема моніторингу промислового об'єкта

Значить, для спілкування потрібно підключити певні датчики до мікрокомп'ютеру і навчити Raspberry Pi зчитувати і передавати дані зібрані з промислового об'єкта.

В роботі використовуються шість типів датчиків: датчик інфрачервоного випромінювання, датчик диму MQ-2, інфрачервоний датчик руху, датчик холла, датчик температури і вологості, фоторезистор.

5.1 Взаємодія датчиків з мікроконтроллерной платформою Raspberry Pi та опис відповідного програмного рішення

5.1.1 Підключення датчику ІЧ-випромінювання до Raspberry Pi

На рис. 5.2 показана схема підключення датчика ІЧ-випромінювання до Raspberry Pi. Відповідний програмний код Python управління датчиком наведено на рисунку 5.3.

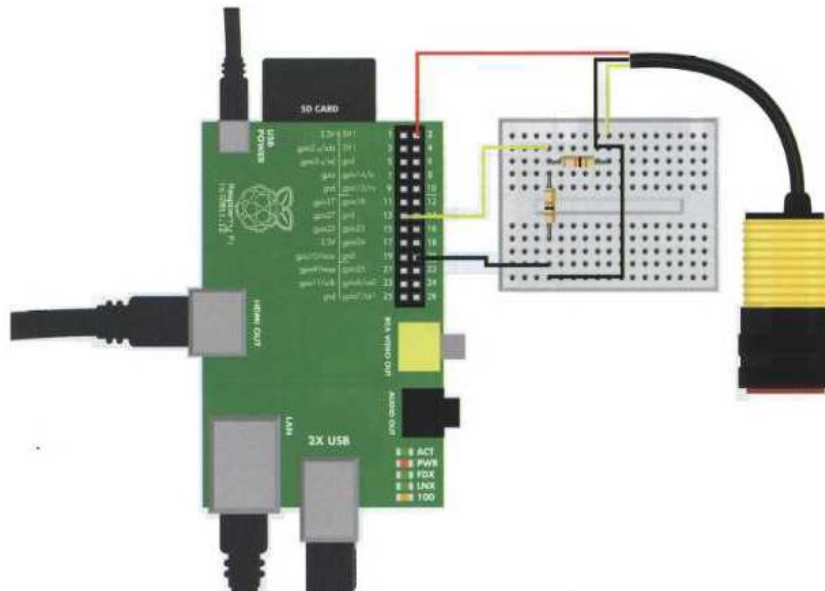


Рисунок 5.2 - Схема підключення датчику інфрачервоного випромінювання до Raspberry Pi

```
import time
import botbook_gpio as gpio #1

def main():
    switchPin = 27
    gpio.mode(switchPin, "in") #2
    x = gpio.read(switchPin) #3
    if( x == gpio.LOW ):#4
        print "Что-то здесь все же есть"
    else:
        print "Полное отсутствие чего-либо"
    time.sleep(0.1)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Рисунок 5.3 - Код управління датчиком інфрачервоного випромінювання

Згідно рис. 5.3:

- #1 - завантаження бібліотеки `botbook_gpio`. Її потрібно зберегти в тому ж каталозі, що й файл програми;
- #2 - налаштування виводу, до якого підключається датчик. Контакт переводиться в режим входу;
- #3 - одержуваного сигналу зчитування та збереження його в змінну `x`;
- #4 - якщо н висновок подається сигнал низького рівня, то це означає, що датчик виявив перед собою об'єкт.

5.1.2 Підключення датчика диму MQ-2 до Raspberry Pi

Для підключення датчика MQ-2 до Raspberry Pi (рис. 5.4) знадобиться окремий аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Як і у випадку інших аналогових резистивних датчиків для виконання необхідних перетворень ми будемо використовувати мікросхему MCP3002.

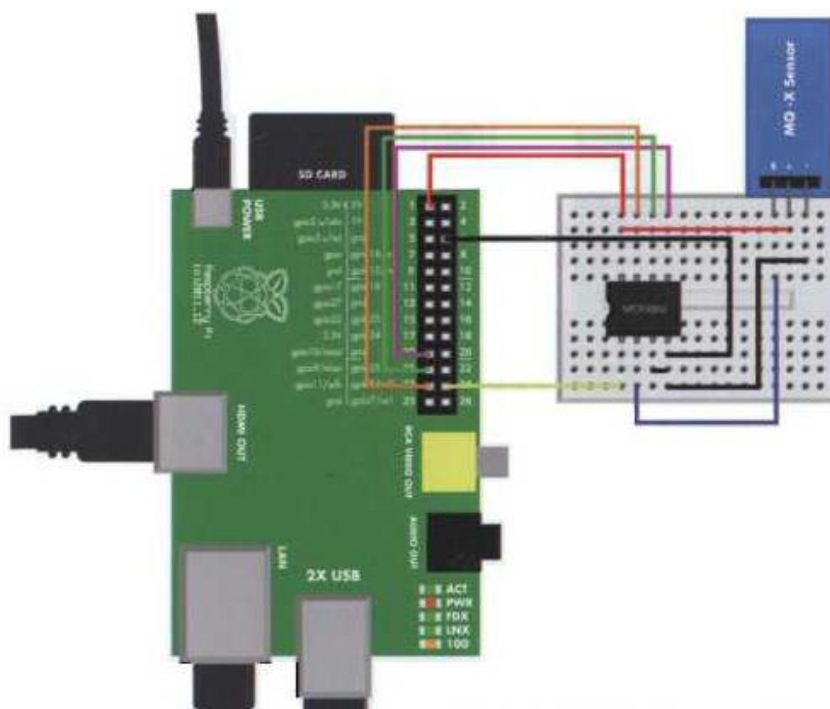


Рисунок 5.4 - Схема підключення датчика MQ-2 до Raspberry Pi

Модуль являє собою датчик диму MQ-2, розташований на платі з потенціометром і 4 висновками. Служить для детектування пального газу і диму. Код управління датчиком диму представлений на рисунку 5.5.

```

import time
import botbook_mcp3002 as mcp #1

smokeLevel = 0
def readSmokeLevel():
    global smokeLevel
    smokeLevel = mcp.readAnalog() #2

def main():
    while True: #3
        readSmokeLevel() #4
        print("Концентрация газа: %i " % smokeLevel) #5
        if smokeLevel > 120:
            print("Утечка газа!")
            time.sleep(0.5)

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Рисунок 5.5 - Програма управління датчиком MQ-2

Згідно рис. 5.5:

- #1 - бібліотека `botbook_mcp3002`, що підключається для управління мікросхемою MCP3002, містить важливий програмний код і спрощує обробку аналогових даних, що надходять з датчика. Файл повинен розміщуватися в тому ж каталозі, що й файл `mq_x_smoke_sensor.py`. Крім неї також потрібно підключити бібліотеку `spidev`, яка запитується бібліотекою `botbook_mcp3002`;

- #2 - зчитування напруги першого пристрою, підключеного до MCP3002. Параметри функції `readAnalog()`, встановлені за замовчуванням `-device=0, channel=0`, залишені без змін;

- #3 - у вбудованих рішеннях для нескінченного виконання одних і тих же операцій зазвичай застосовується циклічна структура `while(True)`. Багато портативні пристрої розраховані на безперервне виконання дій, не припускаючи припинення виконання програми або відключення живлення. Щоб перервати виконання програми в циклі `while(True)`, натисніть комбінацію клавіш `Ctrl+C` в тому сеансі роботи з терміналом, з якого вона запускалася;

- #4 - хорошим тоном вважається виділяти вирішення основних завдань проекту в окрему функцію. Призначення функції `readSmokeLevel()` однозначно вказується її назвою, це дуже зручно в складних проектах, які застосовуються довгі програмні конструкції і аналізується великий масив даних, що надходять з різних датчиків;

- #5 - створення виводиться повідомлення за допомогою операторів форматування рядка. Значення змінної `smokeLevel` має цілочисельний тип даних і підставляється в форматування рядку замість оператора `%i`;

5.1.3 Підключення інфрачервоного датчика руху до Raspberry Pi

Схема підключення інфрачервоного датчика руху до мікроконтролера представлена на рисунку 5.6, код управління датчиком представлений на рисунку 5.7.

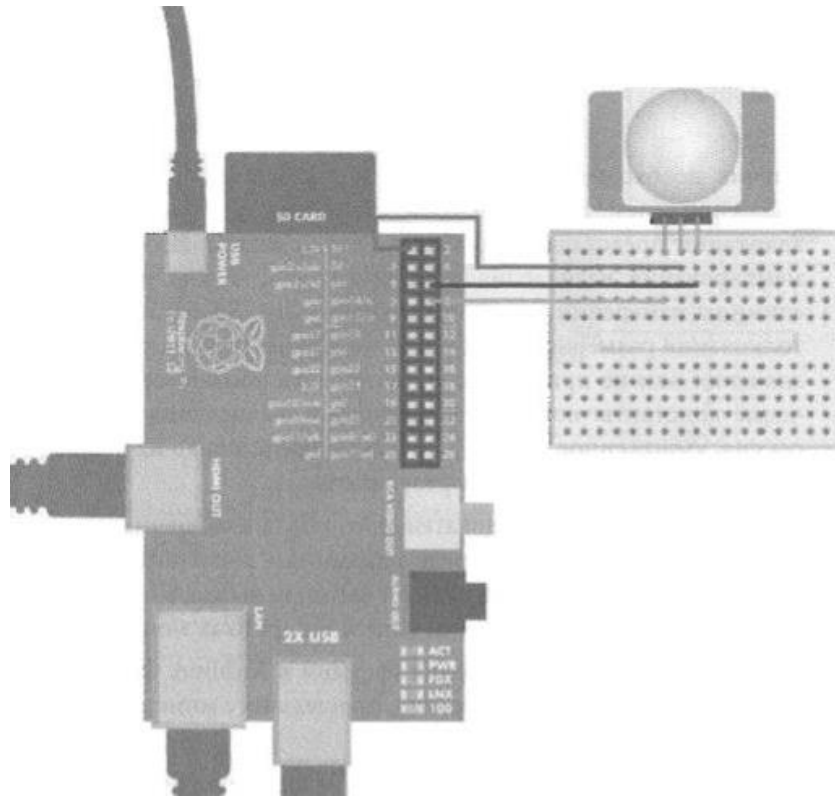


Рисунок 5.6 - Схема підключення інфрачервоного датчика руху до Raspberry Pi

Нижче наведено Python-скрипт для Raspberry Pi, який буде зчитувати показання датчика руху.

```
import time
import botbook_gpio as gpio
learningPeriod = 60

def main():
    pirPin = 14
    gpio.mode(pirPin, "in")
    # Адаптація
    time.sleep(learningPeriod)
    while (True):
        movement = gpio.read(pirPin)
        if(movement == gpio.HIGH):
            print "Обнаружено движение"
        else:
            print "Нет движения"
            time.sleep(0.3)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Рисунок 5.7 - Код управління ІК-датчиком руху

5.1.4 Підключення фоторезистору до Raspberry Pi

На рисунку 5.7 наведена схема підключення фоторезистора до мікроконтролера.

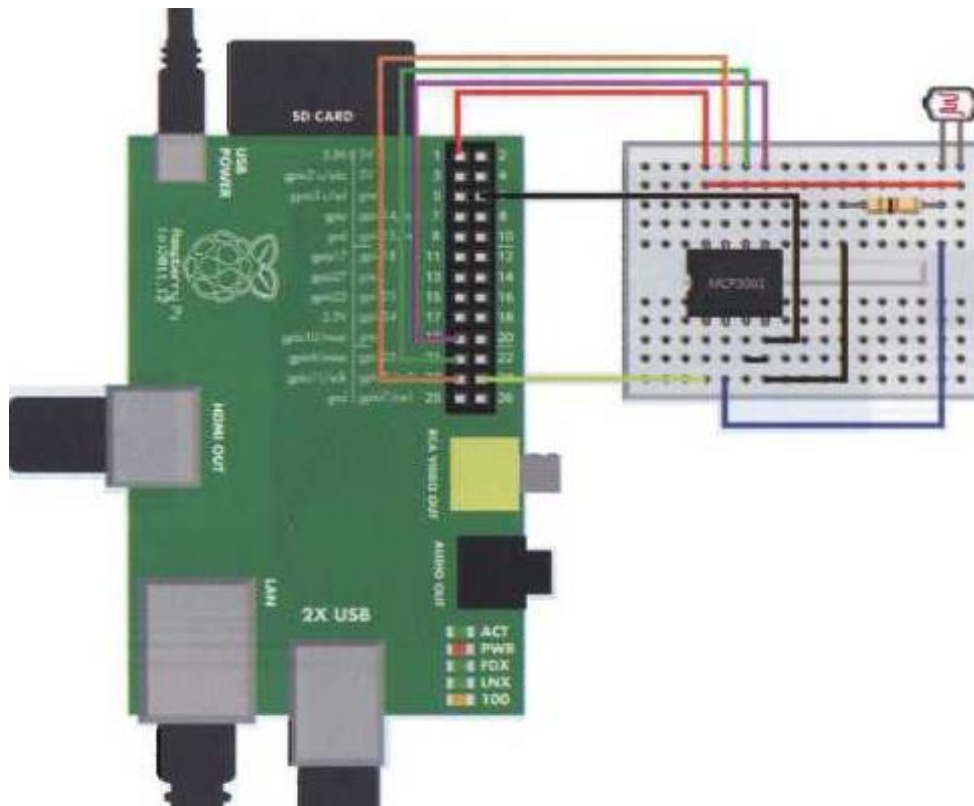


Рисунок 5.7 - Схема підключення фоторезистора до Raspberry Pi

Код управління фоторезистором (рис. 5.8) наведено нижче.

```
import time
import botbook_mcp3002 as mcp

def main():
    while True:
        lightLevel = mcp.readAnalog()
        print("Уровень освещенности: %i " % lightLevel)
        time.sleep(0.5)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Рисунок 5.8 - Код управління фоторезистором

5.1.5 Підключення датчику Холла до Raspberry Pi

Датчик побудований на чіпі LM393. Низький рівень на вихід. На платі LM393 модуля розташований червоний світлодіод. Вихід датчика може бути з'єднаний безпосередньо з мікроконтролером (рис. 5.9).

Інтерфейс підключення LM393 модуля датчика Холла:

- GND - земля.
- VCC - живлення 5В.
- OUT - цифровий вихід (вихід компаратора).
- є монтажні отвори для легкої установки.

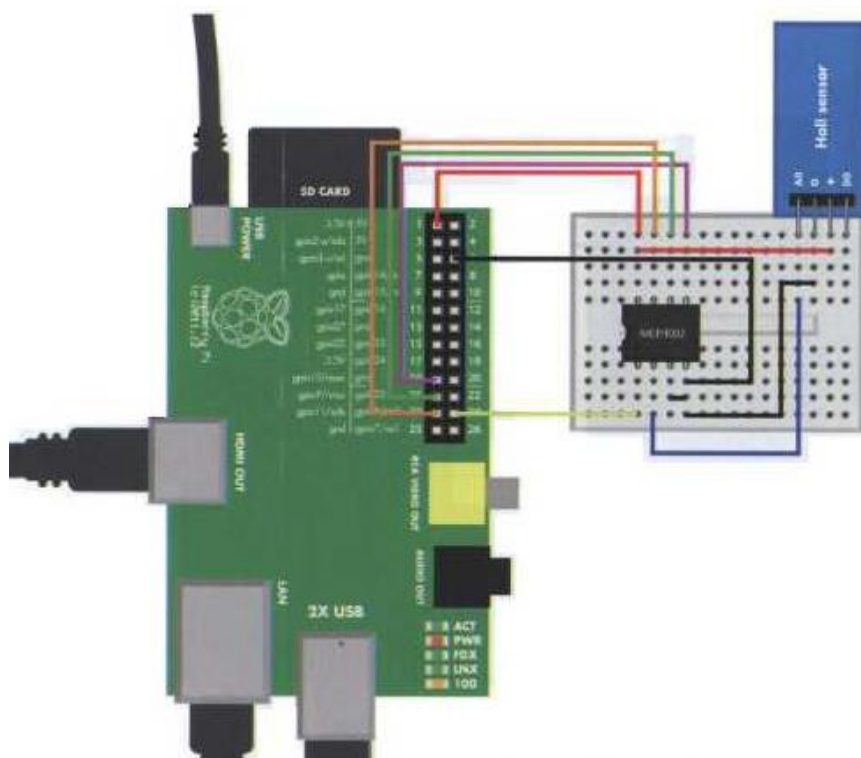


Рисунок 5.9 - Схема підключення датчика Холла

LM393 модуль датчика Холла для Raspberry Pi може використовуватися в якості безконтактного вимикачів, для безконтактних вимірювань струму в провідниках, управління двигунами, читання магнітних кодів, вимірювання рівня рідини (магнітний поплавок) і т. д. Також LM393 модуль датчик може бути використаний для визначення швидкості обертання двигуна, положення і т. д.

Файл бібліотеки `botbook_mcp3002.py` (рис. 5.10) повинен знаходитися в тому ж каталозі, що й файл поточної програми. Також потрібно встановити бібліотек `spidev`, що підключається в `botbook_mcp3002`.

Змінна `zeroLevel` зберігає необроблене значення, считываемое функцією `readAnalog ()` при відсутності впливу магнітного поля на датчик Холла. В експериментах це значення становило 388. У специфікаціях, що надаються виробником, необроблене значення має складати 500 одиниць для напруги високого рівня 5 В, а для напруги високого рівня 3,3 В, воно встановлюється рівним 330 одиниць. Якщо у разі відсутності магнітного поля спостерігаються інші значення, то варто підкоригувати відповідним чином значення змінної `zeroLevel`.

```
import time
import botbook_mcp3002 as mcp

zeroLevel = 388

def main():
    while True:
        rawMagneticStrength = mcp.readAnalog()
        print("Измеренная напряженность поля: %i " %
              rawMagneticStrength)
        zeroedStrength = rawMagneticStrength - zeroLevel
        print("Уточненная напряженность поля: %i " %
              zeroedStrength)
        if(zeroedStrength > 0):
            print("Южный полюс")
        elif(zeroedStrength < 0):
            print("Северный полюс")
        time.sleep(0.5)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Рисунок 5.10 - Код управління датчиком Холла

5.1.6 Підключення датчику температури і вологості до Raspberry Pi

Управління даними датчиком в Raspberry Pi можливо, хоча і вимагає застосування складного програмного коду, тому наш мікроконтролер треба з'єднувати з мікроконтролером Arduino. Як би там не було, але результат все одно не можна назвати задовільним. В комбінованому середовищі за низькорівневі завдання відповідає Arduino, а Raspberry Pi займається лише управлінням виведеними даними.

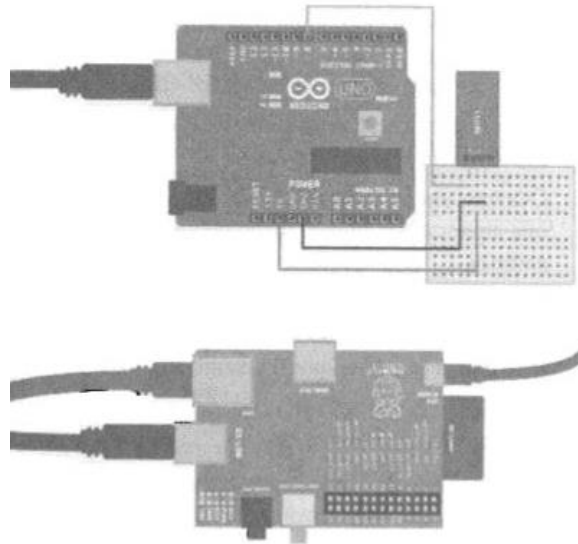


Рисунок 5.11 - Схема підключення Arduino з датчиком вологості до Raspberry Pi

Висновок вологості і температури, вимірюваних датчиком DH11 наведено на рисунку 5.12.

```
import time
import serial

def main():
    port = serial.Serial("/dev/ttyACM0", baudrate=115200,
        timeout=None)
    while True:
        line = port.readline()
        arr = line.split()
        if len(arr) < 3:
            continue
        dataType = arr[2]
        data = float(arr[1])
        if dataType == '%':
            print("Влажность: %.1f %% " % data)
        else:
            print("Температура: %.1f C" % data)

        time.sleep(0.01)

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Рисунок 5.12 - Код управління датчиком температури і вологості DH11

Arduino - це проста і надійна, що працює в реальному часі мікроконтролерна система. Крім того, в Arduino вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП). На противагу їй платформа Raspberry Pi на порядок продуктивніше і працює під управлінням окремої операційної системи Linux. Чому б не поєднати ці платформи?

При такій схемі Arduino відповідає за управління датчиками і висновок лічених даних, а Raspberry Pi управляє Arduino.

Спочатку потрібно підключити датчик до Arduino і зробити виведення даних з нього через послідовний порт. Для цього потрібно підключити плату Arduino до настільного комп'ютера або ноутбука, в якому встановлена відповідне середовище розробки. Виведення даних на монітор послідовного порту виконується функцією `Serial.println()`.

Щоб спостерігати за виведеними даних, потрібно виконати команду Tools-Serial Monitor. Як тільки отримуємо значення на екрані можна переходити до додавання в систему плати Raspberry Pi.

Підключити Arduino до Raspberry Pi дуже просто, достатньо скористатися стандартним USB-кабелем. Передача даних з Arduino здійснюється через послідовне USB-з'єднання. Для отримання даних з послідовного порту в Raspberry Pi застосовуються програмні засоби Python і бібліотеки `pySerial`.

5.2 Відправка email повідомлень з Raspberry Pi

У тих випадках, коли Raspberry Pi використовується для моніторингу чого (рух, безпеку, температура і т. д.), дуже корисна функція оповіщення, при настанні певної події. Наприклад, якщо показники датчика температури перевищили допустиму, попередньо встановлену межу температури, Raspberry Pi може повідомити нам про це через email. Перед тим як відправляти повідомлення з мікроконтролера необхідно зареєструвати gmail, так як повідомлення будуть надходити саме на цю пошту.

Для початку виконаємо команду `apt-get update`", Raspberry Pi при цьому повинна мати доступ до інтернету. Після чого необхідно встановити програмне забезпечення використовую наступний набір команд:

```
sudo apt-get install ssmtp,  
sudo apt-get install mailutils,  
sudo apt-get install mpack.
```

Після введення цих команд необхідно здійснити налаштування встановленого на Raspberry Pi SMTP-сервера:

```
nano /etc/ssmtp/ssmtp.conf,  
AuthUser=аккаунт@gmail.com,  
AuthPass=пароль,  
FromLineOverride=YES,  
Mailhub=smtp.gmail.com:587,  
UseSTARTTLS=YES.
```

Тепер можна відправляти email з командного рядка. Щоб відправити повідомлення потрібно ввести:

```
echo "текст сообщения" | mail -s "Тема" имя_пользователя@домен.xxx.
```

Таким чином, повідомлення з темою і вмістом повідомленням буде відправлено за вказаною адресою, але для нас цікавіше автоматичне оповіщення по пошті з Python-скрипта.

Потрібно створити bash-скрипт з командою, яка надсилає повідомлення.

Створимо файл email.sh:

```
nano email.sh
```

І в ньому набираємо:

```
#!/bin/bash
```

```
echo "текст сообщения" | mail -s "Тема" имя_пользователя@домен.xxx
```

Зберігши даний файл потрібно зробити його виконуваним:

```
chmod +x email.sh
```

Після цієї команди повідомлення буде надсилатися запуском нашого файлу:

```
./email.sh
```

Далі потрібно скопіювати цей файл в папку bin:

```
sudo cp email.sh/usr/local/bin/
```

І на кінець імпортувавши в Python-скрипт відповідну бібліотеку "import os", далі просто використовуємо команду "os.system('email')" в тій частині програми, де нам необхідно відправити email.

Ще один метод передачі email повідомлень при виявленні аномалій або моніторингу представлений на прикладі датчика диму MQ-2(рис. 5.13)

```

import time
import botbook_mcp3002 as mcp
import smtplib
from email.mime.text import MIMEText

# Почтові адреса
email_to = 'example@gmail.com'
email_from = 'example@gmail.com'

# Налаштування SMTP-сервера
server = 'smtp.gmail.com'
mail_port = 587
user = 'example@gmail.com'
password = 'password'
gracePeriod = 5 * 60

def sendEmail(subject, msg):
    msg = MIMEText(msg)
    msg['Subject'] = subject
    msg['To'] = email_to
    msg['From'] = email_from
    smtp = smtplib.SMTP(server, mail_port)
    smtp.starttls()
    smtp.login(user, password)
    smtp.sendmail(email_from, email_to, msg.as_string())
    smtp.quit()

def main():
    while True:
        smokeLevel = mcp.readAnalog()
        print("Концентрація дьма: %i " % smokeLevel)
        if smokeLevel > 120:
            print("Більше допустимого")
            sendEmail("Задымление", "Концентрация дыма: %i" %
            smokeLevel)
            time.sleep(gracePeriod)
            time.sleep(0.5)

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Рисунок 5.13 - Програма відправки повідомлень з Raspberry Pi

Принцип "бібліотечності" Python передбачає підключення спеціальної бібліотеки, що забезпечує підтримку SMTP-технологій обміну повідомленнями. Вам не доведеться самостійно займатися низькорівневим програмуванням сокетів.

Поштові повідомлення складаються з простого тексту, рядка заголовка, порожнього рядка і тіла повідомлення. Але в текстових повідомленнях повсюдно використовуються символи, які відсутні в ASCII-кодуванні. Саме тому тіло повідомлення зазвичай представляється у MIME-кодуванні, як і вкладення в електронні листи. Це може здатися дивним, але в більшості європейських мов є літери, не включені в ASCII-кодування.

В полі To вказується одержувач повідомлення. Потрібно вказати в цьому полі адресу своєї поштової скриньки, щоб мати можливість першим отримувати повідомлення. Адреси одержувача зберігаються в глобальних змінних, доступних функцій.

В полі FROM теоретично можна вказати адресу будь-якої поштової скриньки. Але в часи активного використання фільтрів спаму введення довільного адреси може викликати блокування надсилання повідомлення. По можливості використовуйте адресу своєї поштової

скриньки, оскільки його доменне ім'я з високим ступенем ймовірності повторює ім'я SMTP-сервера. SMTP-сервер відповідає тільки за відправку повідомлень. Оскільки справжня програма тільки відправляє повідомлення і ніколи не приймає їх, то SMTP-сервер - це єдиний сервер, що зазначається в ній. Ім'я облікового запису на SMTP-сервер. Воно може представлятися поштовою адресою (example@gmail.com) або коротким реєстраційним ім'ям (jdoe). Пароль доступу до SMTP-сервера повинен повторювати пароль, який вводиться, реєструючись в поштовому клієнті або поштової службі. Навіть у разі виявлення диму в приміщенні вам не захочеться отримувати по 60 повідомлень в хвилину. Генерую поштові повідомлення з такою частотою, ви ризикуєте потрапити у "чорний список" сервера і бути заблокованим. Саме тому вам потрібно встановити спеціальну затримку, часовий інтервал, протягом якого програма буде простоювати перед відправкою чергового повідомлення. Затримки в 5 хвилин цілком достатньо. Для перетворення хвилин в секунди це значення множиться на 60. Код відправлення поштового повідомлення для більшої наочності виділений в окрему функцію. Тема листа (subject) і його основний текст (msg) приймаються функцією в якості аргументів.

Основний текст (тіло) листи представляється кодуванням MIME, щоб дозволити ввести повідомлення з використанням символів, які не представлені в ASCII-кодуванні. Як видно з першої великої букви, MIMEText - це назва класу. Конструкція MIMEText () повертає новий об'єкт, що зберігається у змінній msg. Клас MIMEText відповідає тільки за створення повідомлення і не бере участь в установці з'єднання і надсилання повідомлення. Щоб змінити заголовки повідомлення, можна використовувати об'єкт msg класу MIMEText, подібно до того. Як застосовуються змінні з типом даних dictionary. Відправник і одержувач зазначаються в глобальних змінних. Створення нового об'єкта класу SMTP. Він потрібен для підключення до SMTP-сервера. Початкова частина конструкції (smtpplib) вказує на простір імен, автоматично створюється оператором import smtpplib. За підключення до SMTP-сервера з використанням реєстраційного імені та пароля, збережених в глобальних змінних відповідає smtp.login (user, password). Виклик методу sendmail () об'єкта smtp класу smtpplib. SMTP для надсилання повідомлення. Метод smtp.sendmail () приймає в якості параметра рядок, тому об'єкт msg перетворюється в рядок за допомогою окремого вбудованого методу. Smtplib.quit(), скидання підключення і очищення пам'яті. Функція quit () являє собою методу об'єкта smtp.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці в приміщенні офісу

Приміщення офісу, яке використовується для виконання дипломного проекту, знаходиться на другому поверсі чотириповерхової будівлі. Розміри приміщення: довжина - 7 м, ширина 7 м, висота 3.7 м. В приміщенні працює 6 осіб і перебувають 4 ПК.

Площа робочого приміщення становить 49 м^2 , а обсяг $181,3 \text{ м}^3$. При цьому на кожного працюючого людини доводиться $\sim 8.167 \text{ м}^2$ площі і $\sim 30.217 \text{ м}^3$ обсягу, що відповідає нормам [1], 6 м^2 і 20 м^3 відповідно.

У приміщенні встановлені 4 ЕОМ з робочою напругою 220В, режим нейтралі - глухозаземленої, струм змінний з частотою 50 Гц.

На рис. 6.1. представлена модель системи Ч-М-С, показані зв'язки системи і їх напрям. У таблиці 6.1 наведені зв'язку в ЧМС і їх опис.

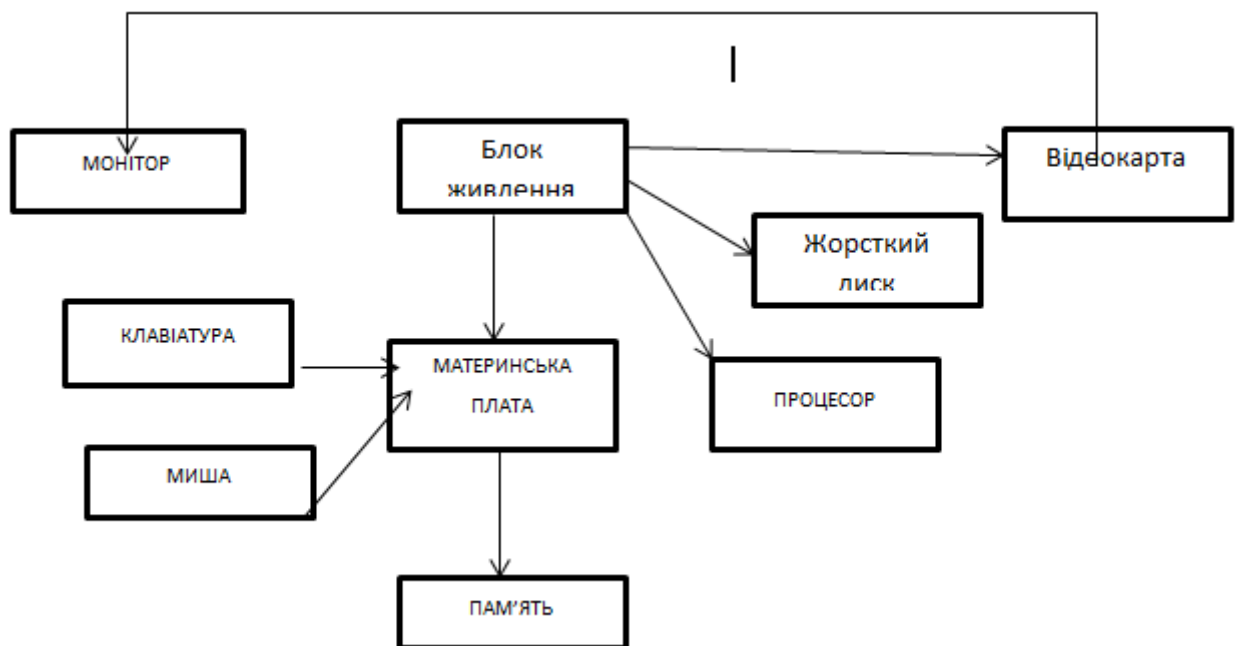


Рисунок 6.1 - Функціональна схема взаємодії обладнання

Під час роботи людини за машиною в приміщенні офісу відбувається взаємний вплив один на одного частин системи «людина-машина-Середовище» (ЧМС). Всі три елементи системи розділені на функціональні частини, згідно із операціями, які вони виконують.

Кожен елемент «Людина» можна умовно розділити на наступні функціональні частини:

- Ч1 - це людина, функціональне завдання якого полягає в управлінні машиною для виконання поставленого завдання;
- Ч2 - це людина, що розглядається з точки зору безпосереднього впливу на навколишнє середовище (за рахунок тепло і волого, споживання кисню);
- Ч3 - це людина, яка розглядається з точки зору психофізіологічного стану (втомлюваність, активність, дратівливість, зміна настрою).

Елемент «Машина» можна уявити трьома функціональними частинами:

- М1 - машина (ЕОМ), який виконує основну технологічну функцію (оброблення даних, які введені людиною за допомогою клавіатури і миші);
- М2 - машина, яка виконує функції аварійного захисту (наприклад, автоматичне відключення ЕОМ при перегріванні і т.д.);
- М3 - машина, яка впливає на виробниче середовище і людини як джерело небезпечних і шкідливих виробничих факторів (ОВПФ).

Елемент «Середя»:

Розглядається з точки зору змін, що виникають в ній під впливом зовнішніх факторів, і як джерело шкідливих впливів на «Машину» і «Людини».

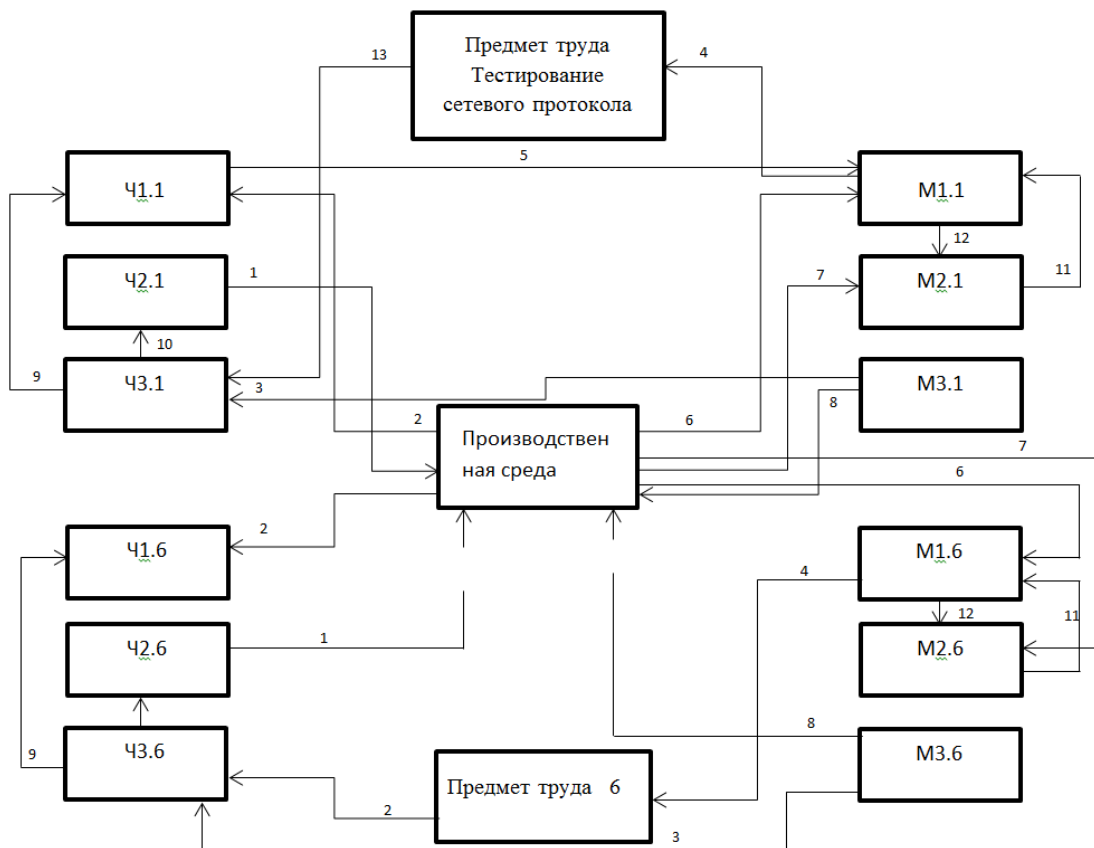


Рисунок 6.2 - Графічна модель системи «людина-машина-Середовище»

Таблиця 6.1 - Зв'язки системи ЧМС

номер зв'язку	напрямок зв'язку	зміст зв'язку	пояснення
1	Ч2-С	Вплив людини як біологічного об'єкта на середу	Потреба людини в кисні, тепло- і вологовиділення.
2	З-Ч1	Вплив навколишнього середовища на якість роботи проектувальника	Середовище впливає на якість роботи людини (якість продукту яке виробляється людиною)
3	М3-Ч3	Вплив машини на стан організму людини	Погіршення стану організму людини в зв'язку з впливом на нього ОВПФ (шум, рентгенівське випромінювання)
4	М1-П	Вплив машини на предмет праці	Зміна, збереження даних, їх копіювання.
5	Ч1-М1	Вплив людини на управління технікою	Людина вводить певні дані, машина їх обробляє і виводить необхідні дані.
6	З-М1	Вплив середовища на роботу машини	Пошкодження, погіршення роботи ЕОМ у зв'язку з температурою, вологою, потрапляння пилу.
7	З-М2		Спрацьовування аварійного захисту в зв'язку з перегрівом ЕОМ
8	М3-С	Вплив машини на середу	Підвищення температури і зниження вологості внаслідок роботи ЕОМ
9	Ч3-Ч1	Вплив стану організму на якість роботи людини	Погіршення роботи в наслідок розумового перевтома, перенапруження зорових аналізаторів.
10	Ч3-Ч2	Вплив фізіологічного стану людини на ступінь інтенсивності обміну речовин між організмом і середовищем	Фізичні і психічні перезавантаження які впливають на інтенсивність обміну речовин
11	М2-М1	аварійні впливи	Робота запобіжників, серверів, пристроїв безперебійного живлення в аварійній ситуації
12	М1-М2	Інформація необхідна для вироблення аварійних впливів	Інформація від датчиків напруги, температури процесора всередині ЕОМ для аварійного відключення
13	ПП-Ч3	Вплив предмета праці на стан людини	У мственне перенапруження, перенапруження аналізаторів

У приміщенні офісу, відповідно до [2], мають місце небезпечні і шкідливі виробничі фактори: фізичні та психофізичні. Біологічні і хімічні чинники відсутні.

До шкідливих і небезпечних фізичних факторів в даному виробничому приміщенні відносяться: підвищена або знижена температура, вологість і підвищена рухливість повітря робочої зони; відсутність або нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони.

До шкідливих психофізіологічних факторів, що впливає на оператора протягом робочої зміни, відносяться: статичні фізичні перевантаження, розумове перенапруження, перенапруження зорових аналізаторів, емоційні перевантаження.

Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу приведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2-Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу

Фактори виробничого середовища і трудового процесу	значення фактора (ГДК, ПДУ)		3 клас - небезпечні та шкідливі умови праці			Тривалість дії фактора в% за зміну
	норма	факт	1 ст	2 ст	3 ст	
1. Шум	50 дБ	50 дБ	-	-	-	93%
2. Неіонізуюче випромінювання: а) електрична складова - В діапазоні 2 Гц - 2 кГц - В діапазоні 2 - 400 кГц	≤ 25 В / м $\leq 2,5$ В / м	20 В / м 1,6 В / м	- -	- -	- -	93%
3. Рентгенівське випромінювання	≤ 100 мкР / год	7 мкР / год	-	-	-	93%
4. Мікроклімат: 1. Температура повітря 2. швидкість руху 3. відносна вологість	22-24 ^{про 3} $\leq 0,1$ м / с 40-60%	23 ^{про 3} $\square\square 0,1$ м / с 59%	- - -	- - -	- - -	93% 93% 93%
5. Освітлення: 1. природне (КПО,%) 2. штучне, лк	$\geq 1,2\%$ 200-500	1 218	+ -	- -	- -	93% 50%

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
6. Важкість праці: 6.1 дрібні стереотипні рухи кистей і пальців рук (кількість за зміну) 6.2 робоча поза (перебування в похилому положенні протягом зміни) 6.3 нахили корпусу (раз за зміну) 6.4 переміщення в просторі (км, за зміну)	до 40000 до 25% раб.врем. 51 - 100 раз до 8 км	до 15000 своб., зручна поза своб. нах или до 1 км	- - - -	- - - -	- - - -	93% 93% до 30% до 30%
7. Напруженість праці а) увагу: - Тривалість зосередження (в% від тривалості зміни) б) напруженість аналізаторів: - Зір (категорія робіт) в) емоційний та інтелектуальний напруга	25-50 точна раб.пов інд. графі ком	75 високо- точна раб.пов інд. граф іком	- + -	+ - -	- - -	93% 93% 93%
8. Зміни	двозмінна робота	однорозмін ній робота				
Загальна кількість факторів			2	1	0	

Домінуючим шкідливим фактором є недостатня освітленість робочої зони.

6.2 Промислова безпека в приміщенні офісу

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом, приміщення офісу відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки відповідно до [3].

Електропостачання здійснюється від трифазної чотирихпровідної мережі з глухозаземленою нейтраллю, струм змінний, напруга 380/220 В. Відповідно до вимог [4] в мережі змінного струму напругою до 1000 В застосовується занулення для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при пробі на корпус.

Перетин нульового захисного провідника, виконаного з мідного дроту, таке ж, як і перетин фазного проводу. Для забезпечення роботи занулення забезпечена безперервність ланцюга від кожного корпусу ПЕОМ до нейтралі джерела. Крім того нульовий захисний провідник підлягає повторному заземленню, що знижує потенціал занулення корпусів і напруга дотику в разі обриву ланцюга занулення. Опір первинного заземлювача нейтралі не

більше 4 Ом при напрузі мережі 380/220 В, опір ізоляції мережі не менше 0,5 МОм, опір одиночного повторного заземлення нульового проводу не більше 30 Ом відповідно до вимог [4].

Електромережа розеток для живлення ЕОМ прокладена під знімною підлогою в гнучких металевих рукавах.

Забороняється застосовувати саморобні подовжувачі, які не відповідають вимогам [4] до переносних електропроводок, застосовувати для опалення нестандартне електронагрівальне обладнання, користуватися пошкодженими розетками, коробками, вимикачами та іншими електровиробами.

Згідно [5] проводиться вступний, первинний, повторний і при необхідності - позаплановий і цільовий інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих. Вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками, які приймаються на постійну або тимчасову роботу. Первинний інструктаж проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником. Повторний інструктаж проводиться на робочому місці індивідуально з окремим працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу, і проводиться в терміни не рідше 1 разу на 6 місяців. Позаплановий інструктаж проводиться при введенні в дію нових або переглянутих нормативно - правових актів з охорони праці, а також при внесенні змін та доповнень до них; при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці; при порушеннях працівниками вимог нормативно - правових актів з охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж і т.п. при перерві в роботі більше ніж на 30 календарних днів - для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт - понад 60 днів. Цільовий інструктаж проводиться при ліквідації аварії або стихійного лиха; при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ або розпорядження.

6.3 Виробнича санітарія

Робота в приміщенні офісу проводиться сидячи і не вимагає систематичного фізичного напруження. Згідно [6] робота відноситься до категорії легкої 1а (енерговитрати організму до 120 ккал / ч). Оптимальні і допустимі параметри мікроклімату, згідно з ДСН 3.3.6.042-99, наведені в таблиці 3.

Таблиця 6.3 - Оптимальні параметри мікроклімату

Період року	Температура повітря, град. С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
холодний	22-24	40-60	≤ 0.1
теплий	23-25	40-60	≤ 0.1

Для забезпечення зазначених параметрів мікроклімату в теплий період року в приміщенні офісу застосовуються кондиціонери, а в холодний період року здійснюється опалення.

Для усунення проблеми нестачі природного світла необхідно обладнати приміщеннями необхідною кількістю вікон.

Приміщення має сумарну площу 49 м² та висоту 3,7 м. Висота робочої поверхні до верху вікна $h_1 = 2,4$ м. Будівля знаходиться в місті Сєвєродонецьк (III світловий пояс). Напроти ділянки на відстані 30 м є будинок висотою 14 м. Вікна орієнтовані на захід. Характер зорової роботи відповідає роботі 3 розряду. Коефіцієнт відображення стелі дорівнює $\rho_{\text{стелі}} = 0,7$, відбиття стін $\rho_{\text{стін}} = 0,5$, статі $\rho_{\text{статі}} = 0,1$. Відстань розрахункової точки від зовнішньої стіни 3м, висота робочої поверхні 0,7 м.

Необхідна площа вікон $S_{\text{вікон}}$ вичисляється за формулою:

$$S_{\text{вікон}} = (e_n \cdot Do_3 \cdot \eta_{\text{про}} \cdot S_{\text{статі}}) / (100 \cdot \tau_{\text{заг}} \cdot r_1) \cdot Do_{\text{зд}}$$

де e_n - нормоване значення коефіцієнта природно освітлення КПО.

Do_3 - коефіцієнт запасу;

$S_{\text{підлогу}}$ - площа статі;

$\tau_{\text{заг}}$ - загальний коефіцієнт світлопропускання вікон;

r_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при бічному освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення.

$Do_{\text{зд}}$ - коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, розташованими навпроти;

Визначаємо значення величин, що входять в розрахункову формулу.

Нормоване значення КПО визначаємо з виразу:

$$\text{КПО} = e_n = e_{n\text{III}} \cdot m = 1 \cdot 0,9 = 0,9\%$$

де $e_{n\text{III}}$ - по табл. 2 [7] значення КПО для даного типу робіт

m - по табл. 4 [7] коефіцієнт світлового клімату, що залежить від орієнтації вікон по азимуту і виду організації природного освітлення

За табл. 3 [7] приймаємо коефіцієнт запасу $K_z = 1,3$ (він визначає періодичність чищення скла)

Знаходимо відношення глибини приміщення B до висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна h_1 :

$$B / h_1 = 7 / 2,4 = 2,916$$

Відношення довжини приміщення до його глибини:

$$L / B = 7 / 7 = 1$$

За таблицею Л.1 [7] світлова характеристика вікна $\eta_{\text{про}} = 16$.

Визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання вікон:

$$\tau_{\text{про}} = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4 * \tau_5,$$

де τ_1 - коефіцієнт світлопропускання матеріалу вікон;

τ_2 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в віконній рамі;

τ_3 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях;

τ_4 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях;

τ_5 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями.

Припустимо, що вікна будуть виготовлені з подвійних дерев'яних рам в які вставлено листове скло, тоді відповідно до [7] $\tau_1 = 0,8$. Для подвійних розділених дерев'яних рам коефіцієнт $\tau_2 = 0,6$. Оскільки за умовою у нас відсутні втрати світла в несучих конструкціях $\tau_3 = 1$. Оскільки вікна не мають світлозахисних пристроїв $\tau_4 = 1$. Для бічного освітлення $\tau_5 = 1$.

Загальний коефіцієнт світлопропускання вікон визначається наступним чином:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4 * \tau_5 = 0,8 * 0,6 * 1 * 1 * 1 = 0,48$$

Підраховуємо площа стелі, стін і підлогу:

$$S_{\text{стелі}} = S_{\text{підлогу}} = 49 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{стін}} = 4 * 7 * 3,7 = 103,6 \text{ м}^2.$$

Визначаємо середньозважений коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{ср}}$

$\rho_{\text{ср}} = (\rho_{\text{потол}} * S_{\text{потол}} + \rho_{\text{стін}} * S_{\text{стін}} + \rho_{\text{підлогу}} * S_{\text{підлогу}}) / (S_{\text{потол}} + S_{\text{стін}} + S_{\text{підлогу}})$

$$= (0,7 * 49 + 0,5 * 103,6 + 0,1 * 49) / (49 + 103,6 + 49) \approx 0,451$$

Ставлення відстані розрахункової точки від зовнішньої стіни I до глибини приміщення B

$$I / B = 3,5 / 7 = 0,5$$

За табл.Л.5 [7] визначаємо коефіцієнт $r_1 = 1,25$.

Для розрахунку значення коефіцієнта КЗД, що враховує затінення вікон напроти стоячих будинках скористаємося таблицею Л.2 [7]. Так як дане приміщення знаходиться на другому поверсі, то відстань від підвіконь розглянутих вікон до карниза протистоїть будинку дорівнює:

$$h_{\text{до}} = 14 - 4 = 10$$

$$L / h_k = 30/10 = 3$$

$$\text{КЗД} = 1$$

Підставляємо значення в основну формулу і визначаємо площу вікон:

$$S_{\text{вікон}} = (0,9 * 1,3 * 16 * 49) / (100 * 0,48 * 1,25) * 1 = 15.288 \text{ м}^2$$

Площа вікон повинна складати 18,685 м². Якщо взяти за стандарт раму розміром 3х 2,6 м площа одного вікна складає 7.8 м² і кількість необхідних вікон дорівнюватиме:

$$n_{\text{вікон}} = S_{\text{вікон}} / S_{\text{стандарт}} = 2$$

Кожне робоче місце відповідає вимогам [1]. Робочі місця з ВДТ розташовані так, щоб природне світло падало збоку. ВДТ на робочих місцях розташовані таким чином, що відстань між бічними поверхнями ВДТ 1,2 м (при нормі 1,2 м), відстань від тильної поверхні одного ВДТ екрану іншого ВДТ - 2,5 м (при нормі 2,5). Конструкція робочого столу відповідає сучасним вимогам ергономіки і забезпечує оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, миші) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ дорівнює 0.7м (при нормі 680 ... 800 мм), а ширина і глибина - 1м (рекомендовані розміри: 600 ... 1400 мм, глибина - 800 ... 1000 мм).

Для підвищення працездатності і попередження стомлення працівників розумової праці встановлюється раціональний режим праці і відпочинку для розробників програмного забезпечення - 15 хвилин перерву щогодини роботи, правильно організовується робоче місце згідно ергономічним вимогам [8].

Схема розміщення обладнання показана на рис. 4.3.

Для досягнення оптимального положення працюючого за комп'ютером використовується робочий стілець підйомно-поворотним, регульованим по висоті, поверхня сидіння і спинки стільця напівм'яка з нековзним, повітронепроникним покриттям, легко чиститься і не електризується. Так само присутній підставка для ніг.

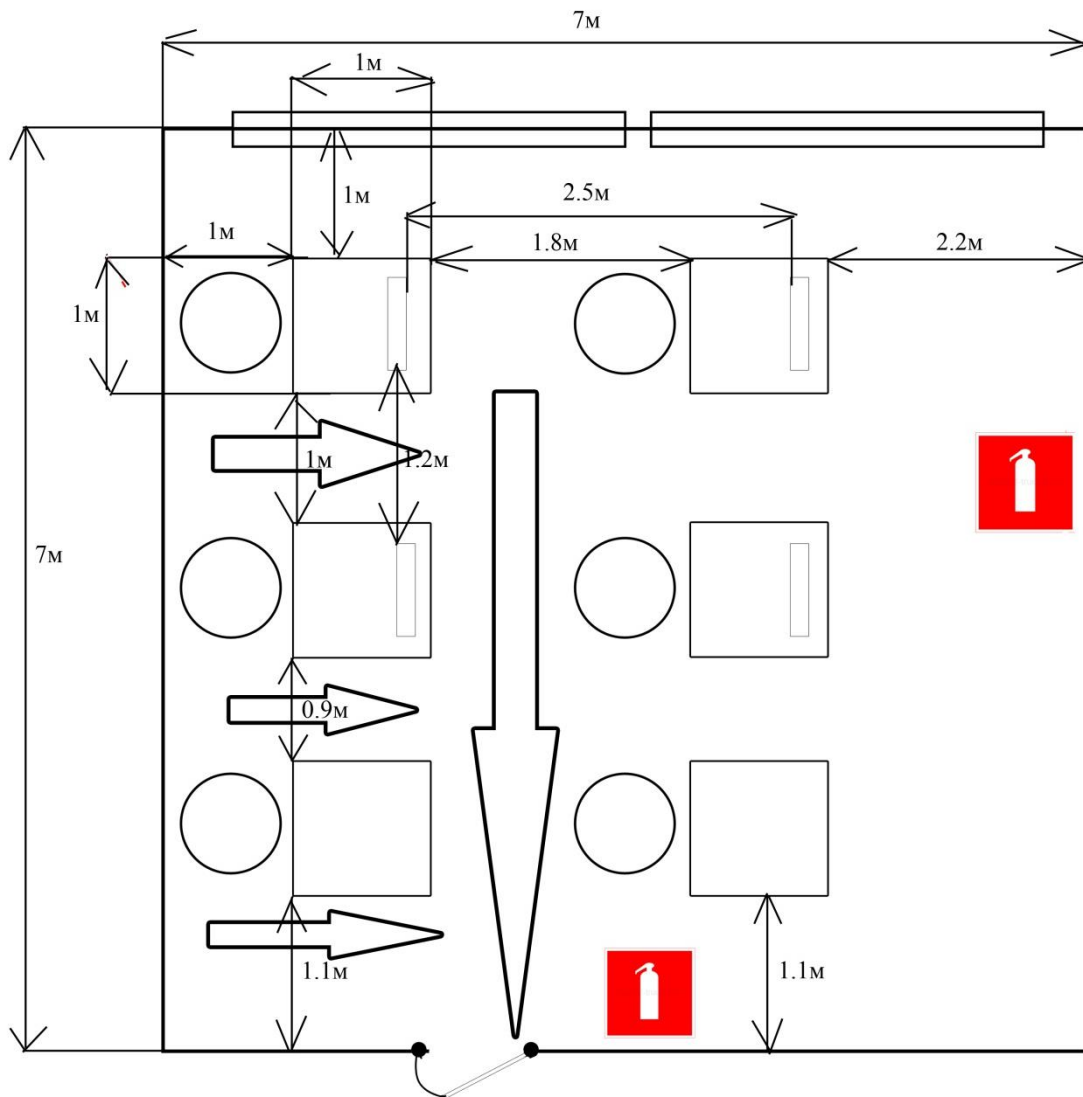


Рисунок 6.3 - Схема розташування робочих місць і план евакуації при пожежі

6.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Даний пункт розглядається відповідно до [9].

На підприємстві створена служба ЦО відповідно до [10]. Керівником цивільної оборони підприємства є директор, який в разі НС забезпечує організацію та здійснення заходів ЦО. Для захисту персоналу від наслідків НС на підприємстві наказом директора створюється штаб ЦО. Основними завданнями штабу ЦО є:

- заходи щодо захисту працюючих від можливих НС природного і техногенного виду;
- участь в розробці і здійсненні заходів, спрямованих на підвищення стійкості виробництва підприємства в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу;
- контроль готовності засобів зв'язку та оповіщення;
- придбання і зберігання засобів індивідуального захисту.

В регіоні найбільш ймовірними надзвичайними ситуаціями (НС), є надзвичайні ситуації техногенного характеру - це транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи, аварії з викидом небезпечних хімічних речовин, раптове руйнування будівель і споруд. Для лабораторії з ПК найбільш імовірною НС є пожежа.

Пожежі в приміщеннях з ЕОМ становлять особливу небезпеку, тому що пов'язані з великими матеріальними втратами.

Згідно [11], приміщення офісу відноситься до категорії В, так, як в приміщенні знаходяться тверді, горючі і важко горючі речовини і матеріали.

За пожежонебезпеки приміщення офісу відноситься до класу П-П а відповідно до [3], так як в приміщенні знаходяться тверді горючі речовини (системний блок, монітор). В офісі присутні речовини і матеріали, які можуть горіти (папір, пластмаса, паркет). Дане приміщення виконане з будівельних матеріалів 2-го ступеня вогнестійкості згідно з [12]

Причинами займання в приміщенні можуть служити: іскріння в комутаційному обладнанні, замикання в електричній мережі, несправність ПЕОМ та іншого електрообладнання, порушення правил пожежної безпеки.

Згідно з вимогами [13] слід використовувати електрообладнання закритого типу, внутрішній простір якого відокремлено від зовнішнього середовища оболонкою. Вся електропроводка повинна мати надійну ізоляцію.

Відповідно до [14] для попередження пожежі необхідно проводити ряд технічних і організаційних заходів:

- організацію навчання працюючих правилам пожежної безпеки на виробництві, а населення - в порядку, встановленому правилами пожежної безпеки відповідних об'єктів перебування людей;
- розробку і реалізацію норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про порядок поведінки із пожежонебезпечними речовинами і матеріалами, про дотримання протипожежного режиму і дій людей при виникненні пожежі;
- порядок зберігання речовин і матеріалів;
- паспортизацію речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів, будівель і споруд об'єктів в частині забезпечення пожежної безпеки;
- виготовлення і застосування засобів наочної агітації щодо забезпечення пожежної безпеки.

В системі запобігання пожежі передбачити:

- комутацію проводів виконати роз'ємами;
- застосуванням в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;

– максимально можливим застосуванням негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів.

У приміщення необхідно розташувати 2 вуглекислотних вогнегасники ВВК-1,4 при нормі 1 вогнегасник на 20 м² (згідно з [15]), тепловими датчиками типу ПОСТ-1 5 штук при нормі 2 датчика на кожні 20 м² площі, налаштованих на температуру спрацьовування 70 ° С (згідно з вимогами [16])

План евакуації персоналу при пожежі в приміщенні офісу представлений на рис. 4.3.

6.5 Охорона навколишнього природного середовища

6.5.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища

Діяльність за темою магістерської роботи, а саме розробці автоматизованої системи моделювання рівноважного складу впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства [17 - 22].

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на видалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Вплив на атмосферне повітря при нормальних умовах праці не оказує, бо не має в приміщенні сканерів, принтерів та інших джерел викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

В процесі створення/розробки програми на робочому місці виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Нижче надано перелік відходів, що утворюються в процесі роботи:

- Відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки
- Змінні носії інформації - IV клас небезпеки
- Відпрацьовані вогнегасники - IV клас небезпеки
- Макулатура - IV клас небезпеки
- Відпрацьовані фільтрувальні засоби індивід. захисту (респіратори, протигази) - IV клас небезпеки
- Побутові відходи - IV клас небезпеки

6.5.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі

Наводяться вимоги зберігання виявлених за своєю роботою відходів відповідно до вимог Державних санітарних правил і норм [23].

Відходи в міру їх накопичення збирають у тару, відповідну класу небезпеки, з дотриманням правил безпеки, після чого доставляють до місця тимчасового зберігання відходів відповідно до затвердженої схеми їх розміщення. Зазначені для зберігання відходів місця чи об'єкти повинні використовуватися лише для заявлених відходів.

Не допускається зберігання відходів у невстановлених схемою місцях, а також перевищення норм тимчасового зберігання відходів.

Способи тимчасового зберігання відходів визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

– відходи I класу небезпеки зберігаються в герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення тару з відходами закривають герметично сталевий кришкою;

– відходи IV класу небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автонавантажувачем перевантажують у самоскид і доставляють на місце утилізації або захоронення;

Не допускається змішування відходів різних видів і класів небезпеки.

Особливий контроль наділяється збору і зберіганню відпрацьованих ртутьвмісних ламп (енергоощадних) як відходам I класу небезпеки, що збираються і обов'язково передаються на утилізацію підприємствам, що мають ліцензію на поводження з такими небезпечними відходами.

Всі відходи, що утворюються в процесі діяльності/роботи, підлягають обліку.

Побутові та будівельні відходи вивозяться на полігон твердих побутових відходів міста, також відповідно до договору з комунальним дорожньо-експлуатаційним управлінням.

Особи, винні в порушенні встановленого порядку поводження з відходами (порушення правил обліку відходів, самовільне складування і видалення відходів, передача відходів в інші підприємства/організації з порушенням встановлених правил), згідно законодавства несуть дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність.

6.5.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі

Бурхливий розвиток науки і техніки в кінці ХХ століття привело до широкого поширення інформаційних технологій в різних сферах діяльності людини. Сучасна людина схилений на технологіях.

Нас оточують комп'ютери, мобільні телефони, автомобілі, навігатори і гори інших високотехнологічних речей. Ми звикли покладатися на технології:

- ми дзвонимо по стільникового зв'язку, щоб вирішити важливе для нас питання;
- ми живемо в інтернеті;
- ми мчимо на зустріч з діловим партнером на потужному швидкісному автомобілі або розмовляємо з друзями і знайомими по скайпу.

Технологічні процеси, що приносять людству все нові і нові блага і зручності, як правило, є прямими (або непрямыми) джерелами забруднення навколишнього середовища.

Як ми бачимо, бурхлива діяльність людини по освоєнню природних ресурсів, перенаселення, забруднення атмосфери, знищення флори і фауни Землі обіцяє мало чого хорошого і вже зараз стає причиною великої кількості катастроф.

Але не одна тільки промисловість забруднює навколишнє середовище. Спеціалісти по боротьбі із забрудненням навколишнього середовища виміряли згубний вплив пошуку за допомогою Google на природу-матінку. В середньому один гуглопошук призводить до викиду в атмосферу 7 грамів вуглекислого газу, що відповідає половині емісії CO₂ від кип'ятіння води в чайнику.

До такого висновку прийшов гарвардський фізик Алекс Гросс, який досліджує вплив комп'ютерної індустрії на екологію. Крім цього, як стверджує вчений: «Пошуковий алгоритм оптимізований на швидке отримання результату, а не на економію електроенергії».

Навіть інтернет здатний, хоча і побічно, впливати на екологію світу. Наприклад, на пересилку реклами в інтернеті в рік витрачається більше 30 мільярдів КВТ / г, що призводить до викиду більше 17 мільярдів тон вуглекислого газу в атмосферу. Таким чином, сумарно, по викиду вуглекислого газу сучасні інформаційні технології випереджають авіацію. І відповідно з розвитком технологій передачі інформації кількість CO₂ в атмосфері буде збільшуватися.

ВИСНОВКИ

Проблеми з безпекою і контролем небезпечних промислових об'єктів є найбільш актуальною темою в сучасному світі, у зв'язку з цим є доцільним постійне спостереження за аномаліями, які виникають на даних об'єктах, з метою організації безпеки, припущення і швидкого реагування для запобігання виникаючих відмов, несправностей і аварій, які виникають в процесі експлуатації.

Бездротова система моніторингу промислових об'єктів передбачає організацію на промислових об'єктах вузлів зв'язку, що складаються з передавального пристрою і датчиків, які будуть здійснювати збір і передачу даних на контрольний пункт для аналізу і прийняття рішення про стан конкретного виробничого об'єкта.

В даній дипломній роботі був розглянутий спосіб побудови бездротової сенсорної мережі, виконана розробка програмного і апаратного рішення для організації моніторингу промислових об'єктів.

На підставі поставленої мети була запропонована модель вузла зв'язку, що складається з контрольного пристрою Raspberry Pi, та різного роду датчиків. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi дозволяє здійснити моніторинг промислового об'єкта з метою виявлення змін і невідповідностей у показаннях, а також зчитування і передачу даних на пункт управління.

На основі поставленої задачі був виконаний:

- обґрунтування вибору в якості основного елемента вузла зв'язку контролюючого пристрою Raspberry Pi і його використання в бездротової сенсорної мережі для моніторингу промислового об'єкта;
- запрограмовано контролюючого пристрою Raspberry Pi для управління сенсорами з метою моніторингу промислового об'єкта;
- розроблено код зчитування та передачі даних з контролюючого пристрою на пункт управління.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконаний аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. На основі аналізу розроблені заходи щодо техніки безпеки і рекомендації з пожежної профілактики. Виконаний розрахунки захисного заземлення, розрахунки кількості світильників у приміщенні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1) Г.Ф. Гайкович. Обзор беспроводных технологий для современных мобильных устройств связи. Электронные компоненты. №1. С. 65. 2007.
- 2) Г.Ф. Гайкович. Стандартизация в области промышленных сетей. Развитие беспроводных стандартов для АСУ ТП. №1. С. 48. 2009.
- 3) В.С. Барсуков. Новые технологии интеллектуальных объектов: комфорт плюс безопасность. Специальная техника №4.
- 4) Г.Ф. Гайкович. Беспроводная связь в сетях промышленной автоматике. Электронные компоненты. № 10. С. 64. 2007.
- 5) В.М. Вишневский, Г.Ф. Гайкович. Беспроводные сенсорные сети в системах промышленной автоматике // . Электроника №1.
- 6) Г.Ф. Гайкович. Новые беспроводные стандарты для сетей промышленной автоматике. Электронные компоненты. № 2. С.75. 2008.
- 7) IEEE Standard for Information technology. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). Revision of 802.15.4-2003. July Режим доступа: 2006//standards.ieee.org/getieee802/802.15.html.
- 8) IEEE Standard for Information technology. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) Amendent 1: Add Alternate PHYs. Режим доступа: 2007//standards.ieee.org/getieee802/802.15.html.
- 9) Г.Ф. Гайкович. Беспроводные высокоскоростные, сверхширокополосные сети. Электронные компоненты. № 10. С.14. 2009.
- 10) IEEE Std 802.15.1-2005. IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems.
- 11) G.D. Abowd, J.P.G. Sterbenz, Final report on the interagency workshop on research issues for smart environments // . IEEE Personal Communications (October 2000) 36–40.
- 12) J. Agre, L. Clare, An integrated architecture for cooperative sensing networks // IEEE Computer Magazine (May 2000) 106–108.
- 13) I.F. Akyildiz, W. Su, A power aware enhanced routing (PAER) protocol for sensor networks. // Georgia Tech Technical Report, January 2002
- 14) P. Bauer, M. Sichitiu, R. Istepanian, K. Premaratne, The mobile patient: wireless distributed sensor networks for patient monitoring and care. // Proceedings 2000 IEEE EMBS

International Conference on Information Technology Applications in Biomedicine, 2000, pp. 17–21.

15) M. Bhardwaj, T. Garnett, A.P. Chandrakasan, Upper bounds on the lifetime of sensor networks. // IEEE International Conference on Communications ICC'01, Helsinki, Finland, June 2001.

16) P. Bonnet, J. Gehrke, P. Seshadri, Querying the physical world // IEEE Personal Communications (October 2000) 10–15.

17) A. Cerpa, D. Estrin, ASCENT: adaptive self-configuring sensor networks topologies. // UCLA Computer Science Department Technical Report UCLA/CSDTR-01-0009, May 2001. Fei Yu A Survey of Wireless Sensor Network Simulation Tools.

18) Fischer M.J., Lynch N.A., Paterson M.S. Impossibility of distributed consensus with one faulty process. // J. ACM. 1985. V 32. P. 374-382.

19) Garay J.A., Perry K.J. A continuum of failure models for distributed computing. // Proc. 6th Int. Workshop on Distributed Algorithms (Haifa, 1992) / S. Zaks, A. Segall (eds.). P. 153-156.

20) IEEE Standards 802.15.4. Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). – IEEE Computer Society, 2003.

21) Luis Javier Garca Villalba , Ana Lucila Sandoval Orozco, Alicia Trivio Cabrera, Cludia Jacy Barenco Abbas Routing Protocols in Wireless Sensor Networks // Sensors // – 2009 – 9 – P. 399 – 421.

22) Pease M., Shostak R., Lamport L. Reaching agreement in the presence of faults. // J. ACM. 1984. V. 27. P. 228-234.

23) Roya N., Gub T., Das S.K. Supporting pervasive computing applications with active context fusion and semantic context delivery. // Pervasive and Mobile Computing – 2010. – 6. – P. 21 – 42.

24) Zhang M., Chan M.C., Ananda A.L. Connectivity monitoring in wireless sensor networks. // Pervasive and Mobile Computing – 2010. – 6. – P. 112 – 127.

25) G. Coyle et al., Home telecare for the elderly, Journal of Telemedicine and Telecare 1 (1995) 183–184.

26) R.J. Cramer, M.Z. Win, R.A. Scholtz, Impulse radio multipath characteristics and diversity reception, IEEE International Conference on Communications ICC'98 Vol.3 (1998), pp. 1650–1654, pp. 1191–1195.

27) DSN Team, Multilateration Poster, SensIT Workshop, St. Petersburg, FL, April 2001.

- 28) J. Elson, D. Estrin, Random, ephemeral transaction identifiers in dynamic sensor networks. // Proceedings 21st International Conference on Distributed Computing Systems, Mesa, AZ, April 2001, pp. 459–468.
- 29) I.A. Essa, Ubiquitous sensing for smart and aware environments, IEEE Personal Communications (October 2000) 47–49.
- 30) D. Estrin, L. Girod, G. Pottie, M. Srivastava, Instrumenting the world with wireless sensor networks. // International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2001), Salt Lake City, Utah, May 2001.
- 31) D. Estrin, R. Govindan, J. Heidemann, S. Kumar, Next century challenges: scalable coordination in sensor networks. // ACM MobiCom'99, Washington, USA, 1999, pp. 263–270.
- 32) D. Estrin, R. Govindan, J. Heidemann, Embedding the Internet, Communication. // ACM 43 (2000) 38–41.
- 33) P. Favre et al., A 2V, 600 1A, 1 GHz BiCMOS super regenerative receiver for ISM applications. IEEE Journal of Solid State Circuits 33 (1998) 2186–2196.
- 34) M. Gell-Mann, What is complexity? Complexity 1 (1),1995.
- 35) L. Girod, D. Estrin, Robust range estimation using acoustic and multimodal sensing. // Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2001), Maui, Hawaii, October 2001.
- 36) K. Govil, E. Chan, H. Wasserman, Comparing algorithms for dynamic speed-setting of a low-power CPU, Proceedings of ACM MobiCom'95, Berkeley, CA, November 1995, pp. 13–25.
- 37) J. Rabaey, J. Ammer, J.L. da Silva Jr., D. Patel, PicoRadio: ad-hoc wireless networking of ubiquitous lowenergy sensor/monitor nodes, Proceedings of the IEEE Computer Society Annual Workshop on VLSI (WVLSI'00), Orlanda, Florida, April 2000, pp. 9–12.
- 38) J.M. Rabaey, M.J. Ammer, J.L. da Silva Jr., D. Patel, S.Roundy, PicoRadio supports ad hoc ultra-low power I.F. Akyildiz et al. / Computer Networks 38 (2002) 393–422 421 wireless networking, IEEE Computer Magazine (2000) 42–48.
- 39) T. Rappaport, Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1996.
- 40) V. Rodoplu, T.H. Meng, Minimum energy mobile wireless networks, IEEE Journal of Selected Areas in Communications 17 (8) (1999) 1333–1344.
- 41) ДСанПіН 3.3.2-007-98 "Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин", затверджених МОЗ України 10.12.98
- 42) ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

- 43) НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
- 44) НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок
- 45) НПАОП 0.00–4.12.05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
- 46) ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 47) ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення
- 48) ГОСТ 12.2.032-78, Система стандартів безпеки труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
- 49) Кодекс цивільного захисту України
- 50) Закону України "Про Цивільну оборону України"
- 51) НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою
- 52) ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
- 53) НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безопасной эксплуатации электроустановок
- 54) ГОСТ 12.1.004-91 (1999) - ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
- 55) НАПБ Б.03.001-2004. Про затвердження Типових норм належності вогнегасників.
- 56) ДБН В.2.5-56:2010. Системи протипожежного захисту.
- 57) Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»
- 58) Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»
- 59) Закон України «Про відходи»
- 60) Закон України «Про охорону атмосферного повітря»
- 61) Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру»
- 62) Водний кодекс України
- 63) ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.

ДОДАТОК А. Електронні плакати

Східноукраїнський національний університет ім.В.Даля
Кафедра комп'ютерних наук та інженерії

Магістерська робота





Бездротова система моніторингу промислового об'єкту

Студент:
Голдін В.А.

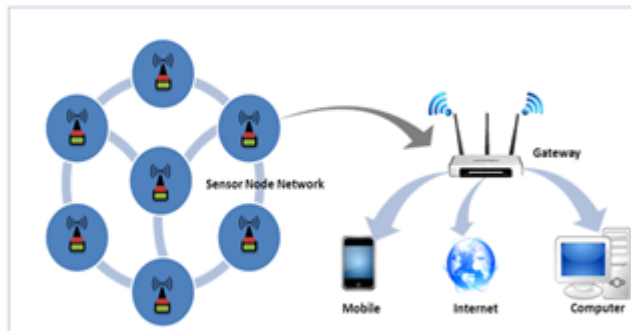
Керівник:
Кривуля Г.Ф.

2018 р.

Постановка мети завдань дослідження

-  Визначення поняття аномалії на промислових об'єктах, способи виявлення аномалій.
-  Виконати опяд літератури за вибором комплектуючих вузла зв'язку для промислового об'єкта.
-  Розробка програмного коду для зчитування і передачі даних з вузла зв'язку на контрольний пункт.
-  Виконати програмування контролюючого пристрою Raspberry Pi для управління сенсорами промислового об'єкта з метою моніторингу і збору даних про стан об'єкта.

Бездротова сенсорна мережа



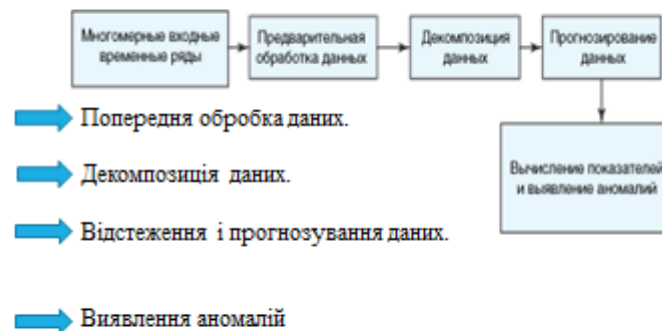
Бездротові сенсорні мережі (wireless sensor networks) - це сукупність автономних, мініатюрних обчислювальних пристроїв або сенсорів, розподілених на деякій відстані та підтримаючих зв'язки між собою.

3

Аномальні показники на промислових об'єктах

Основні компоненти виявлення аномалій

Аномалія - це відхилення від звичайного поведінки системи, неправильність, показання в вимірах які перевищують допустимі норми.



4

Визначення стану промислового об'єкта



Моніторинг має на меті шляхом спеціальної обробки послідовності вимірювань виявлення аномальних змін, визначення їх характеру (швидкі або повільні, скачки або тренди) і обчислення кількісних показників (величини стрибків і швидкості трендів).

5

Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 2

Raspberry Pi ("Малинка") – даний пристрій являє собою мініатюрний, дуже дешевий комп'ютер який в буквальному сенсі поміщається у Вас на долоні. Розмір такої плати не перевищує стандартної банківської карти, але то як використовувати малину обмежується лише фантазією користувача.



6

Мікрокомп'ютер або мікроконтролер?

	Мікроконтролер	Одноплатний комп'ютер
Продуктивність	1 ядро, десятки-сотні МГц, десятки КБ оперативної пам'яті, десятки-сотні КБ постійної пам'яті.	1 або більше ядер, сотні-тисячі МГц, сотні МБ оперативної пам'яті, гігабайти постійної пам'яті.
Багатозадатність	Ні. Але можна сподіватися.	Так. Управління ОС.
Зручність роботи з інтернетом	*** Зазвичай потрібні додаткові модулі і глибоке знання протоколів.	*** Легко підключається з коробки, мережевий модуль зазвичай вже на борту.
Тривалість роботи від батареї	*** Споживає одиниці-десятки мА. Можливі також роботи від батарейок.	*** Споживає сотні-тисячі мА. Зараду великого акумулятора вистачить від сили на десятки годин.
Швидкість реакції в простих критичних за часу	*** 100% контроль над часом і тривалістю подані сигналів.	*** Через багатозадатності критичний процес може пропустити свого часу.
Вибір мов програмування	*** Обмежений. Найчастіше C / C++.	*** Python, JavaScript, Bash і десятки інших. Більшій доступі в ОС.
Можливість для роботи з відео, комп'ютерним зором	*** Чи не вистачає потужності.	*** OpenCV, власні алгоритми, HDMI/каміра.
Можливість для роботи зі звуком	*** На потужних мікроконтролерах можлива система звуку. Для роботи з MP3 / OGG / WAV потрібні додаткові модулі.	*** Підтримка MP3 / OGG / WAV на рівні ОС. Аудіокаміра HDMI і / або реал'тайм 3,5 мм.

7

Порівняння ведучих бездротових технологій

Параметр	Bluetooth/IEEE 802.15.1	ZigBee/IEEE 802.15.4	Wi-Fi/IEEE 802.11
Дальність	~10 (50-100) м	10-100 м	~100 м
Швидкість передачі	723 Кбит/с	250 Кбит/с	1...2 Мбит/с, до 54 Мбит/с
Макс. кількість учасників мережі	8	64 000	НЕ обмежено
Споживана потужність	10 мВт	1 мВт	50 мВт
Тривалість роботи від двох батарей розміру AA	-	6 міс. в режимі очікування	-
Ціна / Складність (умовні одиниці)	10	1	20
Повторна передача	є	є	DCF - немає, PCF и HCF - є.
Основне призначення	Зв'язок периферії з ПК	Бездротові мережі датчиків	Бездротове розширення

8

Wi - Fi

Основне призначення технології Wi-Fi (Wireless Fidelity - "бездротова точність") - бездротове розширення мереж Ethernet. Вона використовується також там, де небажано або неможливо використовувати провідні мережі. Наприклад, для передачі інформації від рухомих частин механізмів; якщо не можна свердлити стіни, на найбільшому складі, де комп'ютер потрібно носити з собою.



9

Запропонована модель бездротової сенсорної мережі для моніторингу промислових об'єктів

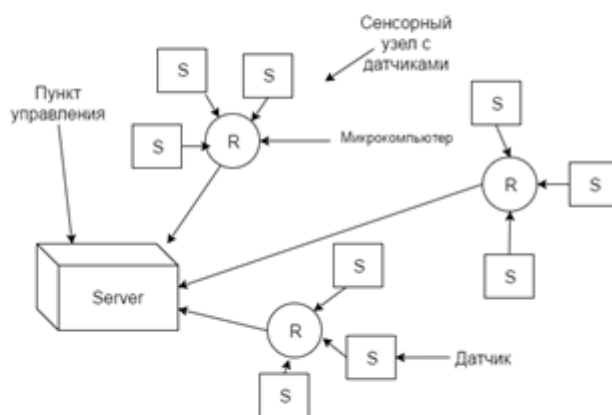


Схема організації
бездротової
сенсорної мережі на
промислових
об'єктах

10

Запропонована модель бездротової сенсорної мережі для моніторингу промислових об'єктів

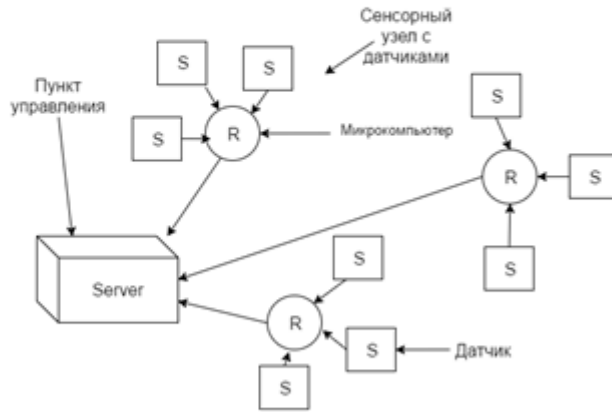


Схема організації бездротової сенсорної мережі на промислових об'єктах

10

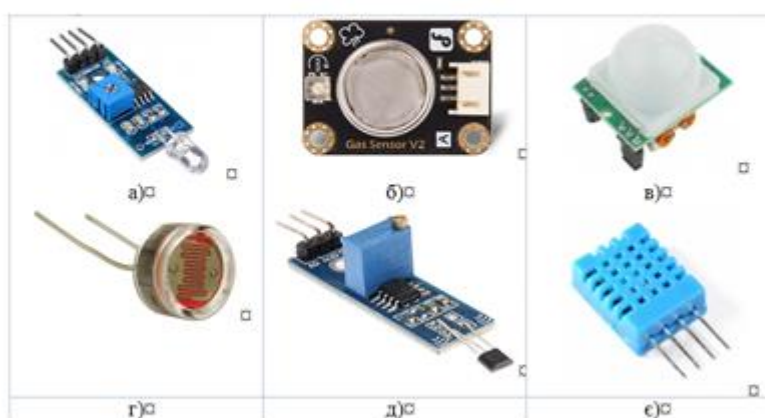
Вузол зв'язку на промисловому об'єкті



Зчитування даних буде відбуватися з підключених до мікроконтролеру певних датчиків і подальшій пересилання у вигляді email повідомлень на пункт збору інформації. Передача даних буде здійснюватися шляхом надіслання повідомлень через Інтернет підключений до контролюючого пристрою на пряму або через підключення до Wi-Fi мережі за допомогою адаптера.

11

Елементна база



- а) датчик інфрачервоного випромінювання,
- б) датчик газу MQ-2,
- в) інфрачервоний датчик руху,
- г) фоторезистор,
- д) модуль датчика Холла LM393,
- е) датчик температури і вологості DHT11

12

ВИСНОВКИ

Проблеми з безпекою і контролем небезпечних промислових об'єктів є найбільш актуальною темою в сучасному світі, у зв'язку з цим є доцільним постійне спостереження за аномаліями, які виникають на даних об'єктах, з метою організації безпеки, припущення і швидкого реагування для запобігання виникаючих відмов, несправностей і аварій, які виникають в процесі експлуатації.

Бездротова система моніторингу промислових об'єктів передбачає організацію на промислових об'єктах вузлів зв'язку, що складаються з передавального пристрою і датчиків, які будуть здійснювати збір і передачу даних на контрольний пункт для аналізу і прийняття рішення про стан конкретного виробничого об'єкта.

13

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі був розглянутий спосіб побудови бездротової сенсорної мережі, виконана розробка програмного і апаратного рішення для організації моніторингу промислових об'єктів.

На підставі поставленої мети була запропонована модель вузла зв'язку, що складається з контрольного пристрою Raspberry Pi, та різного роду датчиків. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi дозволяє здійснити моніторинг промислового об'єкта з метою виявлення змін і невідповідностей у показаннях, а також зчитування і передачу даних на пункт управління.

14

ВИСНОВКИ

На основі поставленої задачі було виконано:

- обґрунтування вибору в якості основного елемента вузла зв'язку контролюючого пристрою Raspberry Pi і його використання в бездротової сенсорної мережі для моніторингу промислового об'єкта;
- запрограмовано контролюючого пристрою Raspberry Pi для управління сенсорами з метою моніторингу промислового об'єкта;
- розроблено код зчитування та передачі даних з контролюючого пристрою на пункт управління.

16

ВИСНОВКИ

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконаний аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. На основі аналізу розроблені заходи щодо техніки безпеки і рекомендації з пожежної профілактики. Виконаний розрахунки захисного заземлення, розрахунки кількості світильників у приміщенні