

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2024-285-5-72-82>

УДК 004.89:659

АПАРATНО-ПРОГРАМНИЙ ФРЕЙМВОРК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ З МОНІТОРИНГУ GSM-ТЕХНОЛОГІЙ

Ніжегородцев В.О., Білокопитов Д.С., Філоненко М. М., Лаговський В. В.

HARDWARE AND SOFTWARE FRAMEWORK OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DATA COLLECTION FROM GSM TECHNOLOGY MONITORING

Nizhehorodtsev V.O., Bilokopytov D.S., Filonenko M. M., Lagovskyi V. V.

Комплексна система спостережень, збору, обробки, систематизації та аналізу даних з мережі пристроїв моніторингу інформації про стан навколишнього середовища дозволяє отримати обґрунтовані рекомендації для прийняття управлінських рішень в різних галузях, таких як промисловість, сільське господарство, військова галузь, охорона здоров'я. Створення мобільних систем збору та передачі даних із їх подальшою обробкою за допомогою методів штучного інтелекту є перспективним напрямом для вирішення таких завдань. Для досягнення цієї мети використовуються сучасні методи та інструменти програмування, методи аналізу даних, а також апаратні можливості сучасних датчиків та мікроконтролерів.

Такі системи здатні значно та позитивно вплинути на країну у різних аспектах, а розробка систем збору та систематизації даних з мережевих пристроїв моніторингу дає простір для розвитку сучасних питань які можна порушити, а саме: етичність використання та створення штучного інтелекту, залежність всього людства від технологій, оптимізацію технологій віртуальної реальності.

Метою дослідження є проектування системи прийому та подальшої обробки GSM сигналу, яка допоможе спроектувати модулі з шифрування даних для передачі та зберігання інформації для системи збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу. На основі отриманих даних які надходять з зовнішніх датчиків моніторингу, а саме з GSM антени, яка генерує інформацію щодо сили наявного сигналу та його спектру, та даних з генерації отриманих координат випромінюваного сигналу, зробити аналіз даних та забезпечити зручний спосіб моніторингу та обробки інформації, в реальному часі.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні підстав для створення апаратно-програмного прототипу

інтелектуальної системи збору даних з мережі пристроїв моніторингу на основі комплексу інженерно-технічних та дослідницьких робіт: аналізу апаратних продуктів моніторингу радіо середовища, проектуванню рухомої платформи та моделювання її елементів, створення реляційної моделі даних СУБД, інтерфейсу користувача системи, налаштування серверу обробки даних.

Ключові слова: мікроконтролер, моніторинг, програмне забезпечення, датчик, GSM.

Вступ. Сучасний світ характеризується стрімким розвитком технологій Інтернету речей (IoT), що призводить до появи величезних обсягів даних, які генеруються різноманітними пристроями моніторингу. Ефективний збір, зберігання та аналіз цих даних є ключовим завданням для багатьох галузей, таких як промисловість, медицина, військова техніка, сільське господарство тощо.

Мікроконтролери на сьогодні відіграють ключову роль у майбутньому розвитку автоматизованих систем, забезпечуючи їх ефективність, гнучкість та низьку вартість реалізації дослідження особливостей. Сучасні рішення в галузі автоматизації та робототехніки неможливо уявити без використання мікропроцесорних інструментів та систем.

Шляхи оптимізації управління процесами цифрових технологій нами вже описані були в публікаціях [1], [10], [12], де розглянуті системи з різноманітних рішень у технологічних процесах, куди входять і програмні і апаратні рішення

мікроконтролерного пристрою керування електромеханічною системою.

Система збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу, може використовувати різноманітні реалізації та мають змогу приймати необхідні потоки даних, в залежності від датчиків – приймачів інформації. Одним з таких видом вхідних даних виступає GSM (Global System for Mobile Communications) сигнал, який моніториться відповідним обладнанням та складається з апаратної частини та спеціального програмного забезпечення.

Створення надійної системи передачі даних з використанням GSM-технологій та шифрування є актуальним завданням у багатьох сферах. Основними компонентами такої системи є: апаратна частина (GSM-модуль, мікроконтролер, датчики, джерело живлення, антена) та програмна частина (протокол передачі даних, алгоритми шифрування, протоколи аутентифікації, програмне забезпечення для мікроконтролера, серверна частина).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розуміння концепції систем на основі мікроконтролерів для вибору найкращого апаратного забезпечення займалися групи закордонних дослідників: Ergun Coşgun, Sıtkı Kocaoğlu, Eray Yılmazlar [9], програмування комп'ютерів та мікроконтролерів займався колектив: Abdulkareem A., Dike U. Ike, Adewale A. Ajao, Adelakun A. A. [8], оцінкою параметрів трафіку та міського простору з мереж GSM: Steenbruggen J. Borzacchiello M. T., Nijkamp P. Scholten [11]. Важливий внесок у розвиток процедур надійної системи передачі даних з використанням GSM-технологій та шифрування потоків даних зробили також і сучасні українські науковці: С.О. Кравчук [7], М.М. Кайденко [4], В.Д. Голь [3] та інші.

Метою даної роботи є проектування системи прийому та подальшої обробки GSM сигналу, яка допоможе спроектувати модулі з шифрування даних для передачі та зберігання інформації для системи збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу.

Постановка задачі. Для досягнення цієї мети будуть використані сучасні методи та інструменти програмування, методи аналізу даних, а також апаратні можливості сучасних датчиків та мікроконтролерів. Результатом роботи є апаратно-програмний фреймворк інтелектуальної системи збору даних та апаратно-програмний прототип пристрою моніторингу, що може стати платформою для подальших досліджень із практичного застосування СШ з метою

виявлення та класифікації об'єктів у радіо середовищі. Для програмної реалізації обрано сучасні засоби розробки, апаратна платформа базується на поширеній компонентній базі. У роботі використано дві станції моніторингу для позиціонування джерела радіо сигналу, для триангуляції включно із напрямом пропонується використання трьох станцій.

Викладання основного матеріалу. В стандарті GSM аудіо-сигнали перетворюються з аналогової форми в цифрову перед тим, як вони будуть передані. Це перетворення є ключовим для забезпечення високого рівня безпеки, який є характерним для GSM мереж.

Загальна безпека у системах мобільного зв'язку GSM базується на комбінації технічних, організаційних і юридичних аспектів. Для досягнення максимально ефективного захисту, ці елементи мають працювати у координації один з одним. В стандарті GSM досягається висока ступінь безпеки передачі повідомлень яке здійснюється шляхом шифрування повідомлень по алгоритму шифрування з відкритим з відкритим ключем RSA (Rivest–Shamir–Adleman).

У структурі GSM суворо визначено часові характеристики огиначаючої сигналу, випромінюваного пакетами на каналному часовому інтервалі TDMA кадру, та спектральна характеристика сигналу. Тимчасова маска обгинальної для сигналів - випромінюються на інтервалі АВ повного TDMA кадру, а маска для сигналів NB, FB, DB і SB повного TDMA кадру. Різні форми огиначаючих випромінюваних сигналів відповідають різною тривалістю інтервалу АВ (88 біт) по відношенню до інших вказаним інтервалам повного TDMA кадру (148 біт).

Одна з особливостей формування сигналів у стандарті GSM - використання повільних стрибків по частоті у процесі сеансу зв'язку. Для захисту від помилок в радіоканалах при передаванні повідомлень застосовується блокове та згорткове кодування з перемеженням, а підвищення ефективності кодування та перемеження за малої швидкості переміщення рухомих станцій досягається повільним переключенням робочих частот (SFH - Slow Frequency Hopping) [2, с. 11].

Головне призначення таких стрибків - забезпечення частотного рознесення в радіоканалах, що функціонують в умовах багатопроменового поширення радіохвиль. SFH використовується у всіх рухомих мережах, що підвищує ефективність кодування та перемежування при повільному русі абонентських станцій. Принцип формування повільних стрибків по частоті

полягає в тому, що повідомлення, що передається у виділеному абоненту тимчасовому інтервалі TDMA кадру (577 мкс), у кожному наступному кадрі передається (приймається) на нову фіксовану частоту.

У процесі стрибків по частоті постійно зберігається дуплексне рознесення 45 МГц між каналами прийому і передачі. Всім активним абонентам, що знаходяться в одній соті, ставляться у відповідність ортогональні формують послідовності, що виключає взаємні перешкоди при прийомі повідомлень абонентами в соті. Параметри послідовності перемикавання частот (частотно-часова матриця та початкова частота) призначаються кожній рухомій станції у процесі встановлення каналу. Ортогональність послідовностей перемикавання частот в соті забезпечується початковим частотним зрушенням однієї і тієї ж (за алгоритмом формування) послідовності. У суміжних стільниках використовуються різні формують послідовності.

Так, як до радіосередовища мають доступ багато пристроїв і користувачів, потрібно їх аутентифікувати. Процедура аутентифікації встановлює справжність і приналежність до мережі користувача і обладнання, визначає права і повноваження користувача і право доступу до мережних ресурсів. Безпека зв'язку забезпечується також застосуванням процедур аутентифікації і шифрування повідомлень, аутентифікація проводиться за допомогою двох функціональних об'єктів: SIM-картки в мобільній станції і центром аутентифікації [7, с. 474].

В основі безпеки GSM лежать три алгоритми, які є офіційно закритими, тобто секретними: A3 (алгоритм аутентифікації); A8 (алгоритм генерації ключа шифрування для сеансу зв'язку); A5 (алгоритм шифрування сигналу у процесі сеансу зв'язку). Мобільна станція шифрує це число алгоритмом A3, використовуючи ключ шифрування, який у свою чергу записано на SIM-карті абонента (модуль автентичності абонента). Зашифрований запит відправляється від мобільної станції назад оператору. Отримана відповідь перевіряється на правильність: оператор проводить таке саме шифрування випадкового числа, відправленого на мобільну станцію. Якщо отриманий результат збігається з відповіддю з мобільної станції, вважається, що автентифікація пройшла успішно. Відповідь, отримана після роботи алгоритму A3, потрібна для визначення ключа шифрування. Цей ключ дозволяє передавати все повідомлення у режимі захисту інформації. Зашифрована відповідь надходить алгоритм A8, який у свою чергу за

допомогою деяких перетворень обчислює ключ. Подібна дія провадиться і оператором, що забезпечує ідентичність ключа на стороні оператора та стороні мобільної станції.

Поряд із випадково визначеним числом, мережа також надсилає на мобільний пристрій спеціальну числову послідовність, яка використовується як ключ шифрування. Ця послідовність тісно корелює з актуальним значенням ключа, що допомагає запобігти створенню помилкового ключа. Мобільний пристрій зберігає це число та інкорпорує його у перше повідомлення, яке відправляється назад у мережу, гарантуючи таким чином безпеку комунікації.

Для того щоб отримати інформацію про закриті дані абонента, необхідно мати досить складно обладнання, яке б дозволяло отримати доступ до обладнання абонента таким чином, щоб абонент сам про це не здогадувався. Таке обладнання є дорогим та доступно аж ніяк не кожній людині.

Таким чином спеціальні підрозділи (наприклад служби безпеки тієї чи іншої країни) можуть через судові рішення отримати дозвіл на отримання кодів доступу та розшифровки GSM сигналу у ефірі моніторингу, які надають представники мобільного зв'язку.

Отриманні дані GSM сигналу які приймає спеціалізована GSM-антена, що здатна сприймати відповідний сигнал, передаються на GSM-приймач, а саме електронний прилад, який перетворює радіосигнали в цифрові дані використовуючи ключі для розшифровки. Приймач GSM зазвичай складається з фільтру який виконує видалення небажаних сигналів з радіосигналу отриманого антеною, підсилювачу для посилення радіосигналу, демодулятора який виконує основну роль для перетворення радіосигналу на цифровий сигнал.

Зміст пакету з даними GSM-ефіру у цифровому вигляді являє собою послідовність байтів, які представляють собою сигнали, що надходять з базових станцій та мобільних телефонів. Ці сигнали дають можливість бути використаними для моніторингу мережі GSM, а також для виявлення та розслідування злочинів, пов'язаних із мобільним зв'язком.

Що б працювала вся система GSM, дуже важливо відстежувати координати користувача. Кожний інформаційний елемент закодований єдиним кодом з восьми біт (ідентифікатором). Довжина інформаційного елемента може бути фіксована або змінна і включати або не включати в себе індикатор довжини. Мережа постійно

оновлює інформацію про місцезнаходження користувача [5, с.25].

Пакет з даними GSM-ефіру може бути відкритий за допомогою програмного забезпечення, такого як аналізатор спектра або генератор графіків. Це програмне забезпечення може використовуватися для перегляду сигналів, що містяться у файлі, а також для їх аналізу.

Саме інформація про координати відносно базової станції відповідає за місце знаходження абонента який взятий до моніторингу. Для дешифрування даних використовується таблиця для розшифрування даних GSM. Варто зазначити, що не маючи кодів доступу декодування блоків і отримання коректних даних наближається до нуля. Метод шифрування не залежить від типу переданих даних (мова, дані користувача або повідомлення сигналізації). Воно застосовується лише до нормальних пакетів (normal burst).

Ідея триангуляції полягає в тому, що на випромінюючий об'єкт визначається напрямок з різних точок простору, після цього дальність до об'єкта визначається відомими кутами та відстанями між станцією. Якщо джерело радіовипромінювання розташоване в горизонтальній або вертикальній площині, то для визначення його розташування достатньо виміряти два азимутальних кута: φ_{a31} і φ_{a32} , а розташування джерела випромінювання визначається точкою перетину O_1S і O_2S .

На вимірному пеленгація кути шляхом простих обчислень, використовуючи теорему синуса, можна визначити діапазони від точок прийому до джерела радіовипромінювання.

$$D_1 = \frac{d \sin(180 - \varphi_{a32})}{\sin(\varphi_{a32} - \varphi_{a31})}, \quad (1.1)$$

$$D_2 = \frac{d \sin \varphi_{a31}}{\sin(\varphi_{a32} - \varphi_{a31})}, \quad (1.2)$$

Існуючі аналізатори спектру, в основному мають швидкість прийому даних від приладу приблизно від 20 до 200 спектрограм на секунду. Отримання даних від приладу надаються в залежності від координати та вектору напрямлення приймача.

У нашому дослідженні була представлена ідея, на основі отриманих даних які надходять з зовнішніх датчиків моніторингу, а саме з GSM антени, яка генерує інформацію щодо сили наявного сигналу та його спектру, та даних з генерації отриманих координат випромінюваного сигналу, зробити аналіз даних та забезпечити зручний спосіб моніторингу та обробки інформації, в реальному часі. У проектуванні даної

експертної системи було поєднано різні технології та підходи, які дозволяють робити аналіз спектру, повідомляти про наявність пристроїв, які випромінюють шуканий сигнал у відповідному до того діапазону частот. В проекті передбачено використання технології, які дозволяють керувати пристроєм через WEB-застосунок: технологію Java, Spring Boot - фреймворк для розробки Java-додатків; PostgreSQL - відкриту реляційну базу даних; комп'ютерну програму – SolidWorks для 3D візуалізації об'єктів; SolidWorks - програму для твердотільного моделювання (CAD) та мову програмування C/C++ - для написання прошивки до мікроконтролерів STM32.

Користувацький інтерфейс для розробленої системи являє собою розроблене середовище в якому відображаються координати знайдених джерел випромінювання (рис. 1) та їхні розраховані теоретичні координати у майбутньому часі які розраховуються на основі штучного інтелекту. Координати розраховуються відносно встановленого приладу – аналізатора GSM сигналу.

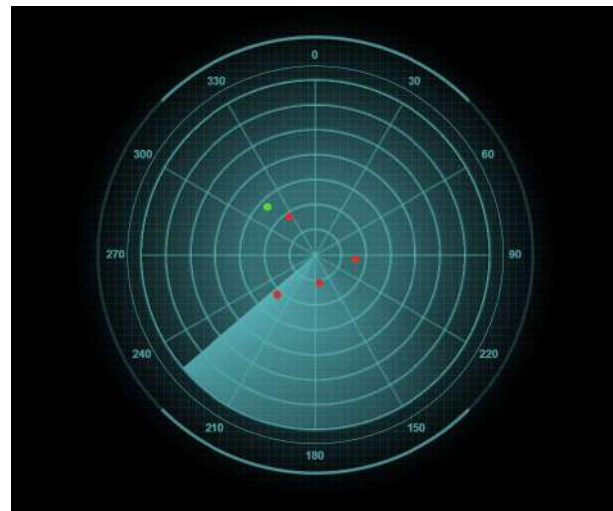


Рис. 1. Користувацький інтерфейс радару



Рис. 2. Аналізу діапазони частот в інтерфейсі

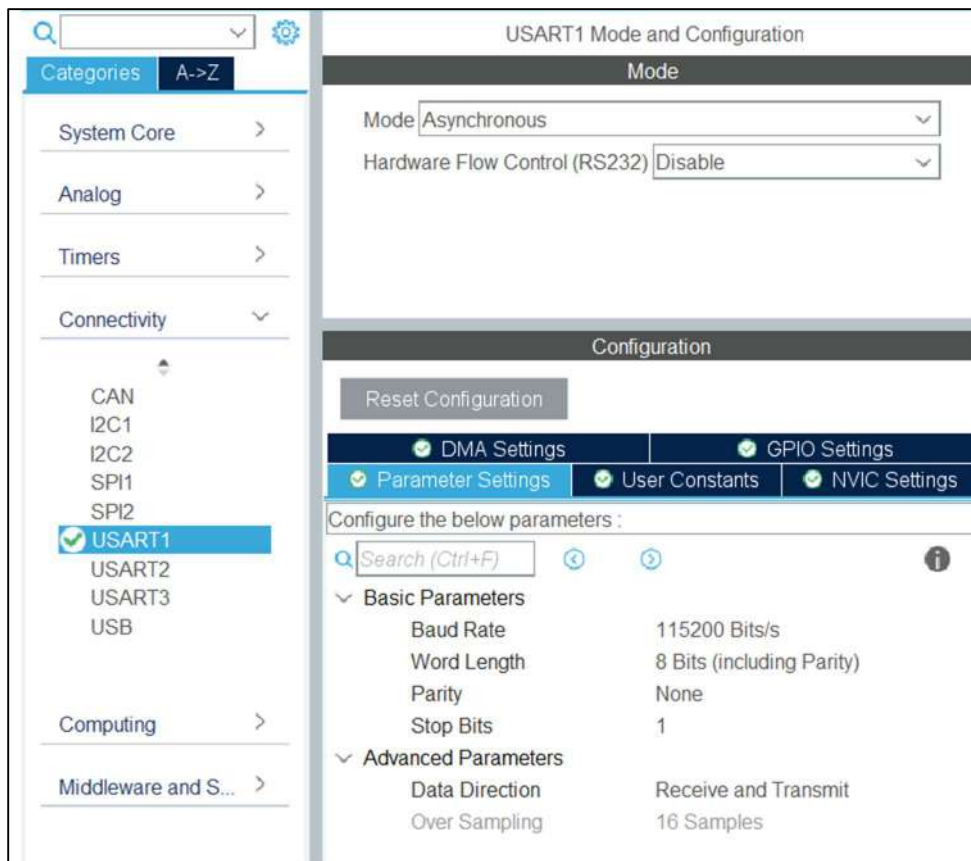


Рис. 5. Встановлення параметрів в середовищі «CubeMX»

У нашому дослідженні було обрано потужний графічний інструмент, який розроблений компанією STMicroelectronics для швидкого та ефективного створення проектів на базі мікроконтролерів сімейства STM32. Він спрощує процес конфігурації периферії, генерації початкового коду та забезпечує зручну візуалізацію проекту. Даний інструмент є незамінним для розробників, які працюють з мікроконтролерами STM32. Він значно спрощує процес створення проектів, дозволяючи зосередитися на розробці власного програмного забезпечення.

Для цього в середовищі «CubeMX» у пункті меню Connectivity вмикаємо UART1 в положення Asynchronous, після чого у налаштуваннях в Configuration встановлюємо параметри які представлено на рисунку 5.

У реальному часі відбувається прослуховування інтерфейсу UART, та в залежності від отриманого коду (даних), програма продовжує керуватись своїм алгоритмом. При отриманні відповідного коду по UART програма виконує відповідні дії, а саме перевіряє логічний стан ініціалізації антени, передає інформацію про стан крокових двигунів, рівень сигналу з антени, тощо. Отримана інформація про стан через UART інтерфейс відправляється на сервер. При

отриманні відповідних керуючих сигналів на мікроконтролер встановлюється відповідний режим роботи всієї системи.

Забезпечувальні підсистемами експертної системи складаються з розробленого програмного забезпечення, яке забезпечує коректну та надійну роботу всієї системи. Програмна складова забезпечувальних підсистем грає основну роль в коректному функціонуванні всіх складових модулів експертної системи.

Реалізація класу для здійснення обміну інформації з МК через UART інтерфейс використовує бібліотеку «jSerialComm», яка являє собою Java-бібліотеку, що надає зручний інтерфейс для роботи з послідовними (UART/COM) портами на різних платформах.

Взаємодія з послідовним портом відбувається шляхом пошуку необхідного порту, після чого відбувається встановлення параметрів конфігурації порту, такі як швидкість передачі, біти даних, стоп-біти та парність.

Швидкість передачі (Baud Rate): Швидкість передачі в бодах вказує, як швидко дані будуть передаватися через порт. Встановлюється за допомогою методу «setBaudRate(int baudRate)». Біти даних (Data Bits): Кількість бітів даних в одному байті. Зазвичай це 8 бітів. Встановлюється

за допомогою методу «setNumDataBits(int dataBits)». Стоп-біти (Stop Bits): Кількість стоп-бітів, які додаються після кожного байта для сигналізації завершення передачі. Зазвичай це 1 стоп-біт. Встановлюється за допомогою методу «setNumStopBits(int stopBits)». Реалізований клас має методи які дозволяють відкривати порт, відправити або отримати дані і закриває порт (рис. 6, рис. 7).

Реалізація забезпечувальної підсистеми на основі ШІ з використанням фреймворку Java Spring, здатна обчислювати координати руху об'єкта який випромінює GSM сигнал на основі записаних координат попереднього руху.

Java Spring передбачає розробку програмного забезпечення, яке зможе виконувати складні завдання, такі як: аналіз даних, прийняття рішень, машинне навчання, комп'ютерний зір, тощо.

```
public void writeLine(String data) throws IOException {
    byte[] b = data.getBytes();
    int l =
    activePort.writeBytes(buffer:b, bytesToWrite: b.length);
    if (l == -1) {
        throw new IOException(message: "Write error.");
    }
}

public void closePort() {
    activePort.closePort();
}
```

Рис. 6. Програмні методи для відправки даних та зачинення порту

```
@Override
public void serialEvent(SerialPortEvent event) {
    int size = event.getSerialPort().bytesAvailable();
    byte[] buffer = new byte[size];
    event.getSerialPort().readBytes(buffer, bytesToRead: size);
    String str="";
    for(byte b:buffer){
        System.out.print((char)b);

        str = str + (char) b;
        if(str.equals(anObject: "comand: 001")){
            System.out.println(x: "comand: 001");
        }
    }
    System.out.println(x: "#closePort");
    closePort();
}
```

Рис. 7. Програмний метод для отримання даних

Одна з головних переваг Spring - впровадження залежності між об'єктами, які без нього розробнику довелося б додавати вручну. Spring використовується в різних проектах, починаючи від невеликих веб-додатків до великих корпоративних систем. За останні роки він став одним з найпопулярніших фреймворків для розробки на Java. Spring використовується в компаніях різного рівня, від стартапів до відомих компаній, таких як Netflix, Spotify, і Amazon. Вибір фреймворка для розробки Java-додатків в значній мірі залежить від вимог та специфіки проекту [13].

Штучний інтелект аналізує записані координати руху та обчислює нові координати. Програмна реалізація базується на основі Deeplearning4j, яка в свою чергу

використовується для створення та навчання нейронної мережі. Deeplearning4j (DL4J) як популярна бібліотека для глибокого навчання, розроблена спеціально для мови Java, вона дозволяє створювати складні нейронні мережі та застосовувати їх для вирішення широкого кола завдань, таких як обробка природної мови, комп'ютерний зір, аналіз часових рядів та багато іншого.

Програмна реалізація (рис. 8) складалася з сервісу прогнозування руху який використовується для створення, тренування та використання моделі нейронної мережі. Вхідні нейрони відповідають за координати які отримуються з GSM антени, та являються основними даними моніторингу.

```
import org.deeplearning4j.nn.conf.layers.DenseLayer;
import org.deeplearning4j.nn.conf.layers.OutputLayer;
import org.deeplearning4j.nn.multilayer.MultiLayerNetwork;
import org.deeplearning4j.nn.weights.WeightInit;
import org.nd4j.linalg.activations.Activation;
import org.nd4j.linalg.api.ndarray.INDArray;
import org.nd4j.linalg.factory.Nd4j;
import org.nd4j.linalg.learning.config.Sgd;
import org.nd4j.linalg.lossfunctions.LossFunctions;
import org.springframework.stereotype.Service;

/**
 * Service for predicting movements based on latitude and longitude inputs.
 * @author Dima
 */
@Service
public class MovementPredictionService {
    private MultiLayerNetwork model;

    public MovementPredictionService() {
        int numInput = 2;
        int numOutputs = 2;
        int numHiddenNodes = 20;
        double learningRate = 0.01;

        MultiLayerConfiguration conf = new NeuralNetConfiguration.Builder()
            .updater(new Sgd(learningRate))
            .weightInit(WeightInit.XAVIER)
            .list()
            .layer(0, new DenseLayer.Builder().nIn(numInput).nOut(numHiddenNodes)
                .activation(Activation.RELU)
                .build())
            .layer(1, new OutputLayer.Builder(LossFunctions.LossFunction.MSE)
                .activation(Activation.IDENTITY)
                .nIn(numHiddenNodes).nOut(numOutputs).build())
            .build();

        this.model = new MultiLayerNetwork(conf);
        this.model.init();
    }
}
```

Рис. 8. Сервіс прогнозування руху

Параметри «numInput» і «numOutputs» відповідають за кількість вхідних і вихідних нейронів, які відповідають за координати. Параметр «DenseLayer» відображає кількість нейронів у прихованому шарі. Прихований шар у нейронній мережі має кілька важливих функцій, і кількість нейронів у цьому шарі має значний вплив на здатність мережі вчитися та адаптуватися до складних шаблонів у даних. Параметр «learningRate» відповідає за швидкість навчання для алгоритму. Конфігурація мережі створюється за допомогою патерну Builder, що дозволяє налаштовувати параметри нейронної мережі.

Учасниками взаємодії з експертною системою являються користувачі які відслідковують GSM сигнал для прийняття рішень щодо подальших дій. Основними учасниками взаємодії з інформаційною системою є адміністратори, які можуть проводити моніторинг у системі та керувати доступом користувачів у систему.

Експертна система збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу, передбачає можливість реєструвати учасників системи, входу до облікового запису, та відновлення доступу до системи у разі втрати даних для аутентифікації. Програмні рішення включили в себе розробку зручних WEB інтерфейсів для користувачів, написання програмних модулів для мікроконтролера STM-32, модулів з реалізацією систем III.

Висновки. У даній роботі була розкрита розроблена інтелектуальна система збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу системи прийому та подальшої обробки GSM сигналу. Розроблений апаратно-програмний фреймворк для інтелектуальної системи збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу здатний забезпечити ефективний збір даних з різноманітних датчиків, їхню попередню обробку та аналіз за допомогою сучасних алгоритмів. Розроблений прототип пристрою моніторингу демонструє високу точність вимірювань та надійність передачі даних.

Отримані результати свідчать про ефективність запропонованого підходу для вирішення задач моніторингу та аналізу даних в реальному часі. Розроблена система може бути використана в різних галузях, таких як промисловість, сільське господарство, військової галузі, охороні здоров'я. Створення мобільних систем збору та передачі даних із їх подальшою обробкою за допомогою методів штучного інтелекту є перспективним напрямом для вирішення таких завдань. Перспективними напрямками подальшого розвитку є розширення

функціональності фреймворку, додавання нових алгоритмів машинного навчання та інтеграція з хмарними платформами.

Література

1. Білокопитов Д. С. Інтелектуальна система збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу: магістер. диплом. робота: 122, Комп'ютерні науки / Білокопитов Дмитро Сергійович; наук. керівник Шевченко А. І.; КНЕУ ім. Вадима Гетьмана, Навч.-наук. ін-т «Ін-т інформ. технологій в економіці», Каф. інформ. систем в економіці. Київ, 2024. 86 с.
2. Бойко М.П. Системи стільникового зв'язку: Конспект лекцій. Одеса: ОНАЗ, 2004. 76 с.
3. Голь В.Д., Ірха М.С. Системи передачі даних: конспект лекції. Київ: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 126с.
4. Кайдено, М.М., Роскошний, Д.В. (2018). Архітектура програмно-визначуваних радіосистем для розробки радіобладнання. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи телекомунікацій». вилучено із <http://conferenc.its.kpi.ua/proc/article/view/131302>.
5. Рязанцев О. В. Конспект лекцій з дисципліни «Основи мобільного зв'язку» освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», укл. Рязанцев О. В., Кам'янське; ДДТУ, 2019 р. 75с.
6. Сергій Матвієнко. Урок 10 по STM32: Урок 10 по STM32: UART (загальні відомості). Інформаційний ресурс про електроніку та програмування. IT Master - електроніка та програмування. URL: <https://itmaster.biz.ua/electronics/stm32/stm32-uart-project-blocking.html>.
7. Теорія систем мобільних інфокомунікацій. Системна архітектура [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / С.О. Кравчук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 18,6 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 682 с.
8. Abdulkareem A., Dike U. Ike, Adewale A. Ajao, Ad-elakun A. A . Programming a Computer and a Microcontroller to Control the Speed and Direction of DC Motors. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2014. 3. 5046-5053. URL: https://www.researchgate.net/publication/315706774_Programming_a_Computer_and_a_Microcontroller_to_Control_the_Speed_and_Direction_of_DC_Motors.
9. Güven Y., Coşgun E., Kocaoglu S., Gezici H. , Yilmazlar E. Understanding the Concept of Microcontroller Based Systems To Choose The Best Hardware For Applications. Research Inventy: International

- Journal of Engineering And Science .Vol.6, Issue 9 (September 2017), PP. 38-44. URL: https://www.researchgate.net/publication/322436662_Understanding_the_Concept_of_Microcontroller_Based_Systems_To_Choose_The_Best_Hardware_For_Applications.
10. Morkun V.S. Development of a method for studying traffic of multiservice networks/ Morkun V.S., Hryshchenko S. M., Nizhehorodtsev V.O., Filonenko M.M., Lagovsky V.V. // Radio Electronics, Computer Science, Control. 2023. №2. P.125-133. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2023-2-13>.
 11. Steenbruggen J. Borzacchiello M. T., Nijkamp P. Scholten H. Mobile phone data from GSM networks for trafficparameter and urban spatial pattern assessment:a review of applications and opportunities. GeoJournal. 2013. 78:223-243.DOI 10.1007/s10708-011-9413-y.
 12. V.S Morkun. Investigation of a microcontroller control device at a beneficiation plant with fine screening technology / V.S Morkun, S.M. Hryshchenko, Y.O. Hryshchenko, V.O. Nizhehorodtsev, D.E. Tananaiev. // Вісник Криворізького національного університету. Кривий Ріг, 2024. Вип. 58. С. 22-30. URL: <http://visnykknu.com.ua/ua/journal/#2024>.
 13. Yuliia Tunik. З резюме джуна: Spring Framework — популярний фреймворк на Java. 2023. URL: <https://javarush.com/ua/groups/posts/6468-z-rezjume-dzhuna-spring-framework--populjarniy-freymvork-na-java?post=full#discussion>.
- References**
1. Bilokopytov D. S. Intelktualna sistema zboru ta systematyzatsii danykh z merezhi prystroiv monitorynhu: mahister. dyplom. robota: 122, Kompiuterni nauky / Bilokopytov Dmytro Serhiiiovych; nauk. kerivnyk Shevchenko A. I.; KNEU im. Vadyma Hetmana, Navch.-nauk. in-t «Int inform. tekhnolohii v ekonomitsi», Kaf. inform. system v ekonomitsi. Kyiv, 2024. 86 s.
 2. Boiko M.P. Systemy stilnykovoho zviazku: Konspekt lektzii. Odesa: ONAZ, 2004. 76 s.
 3. Hol V.D., Irkha M.S. Systemy peredachi danykh: konspekt lektzii. Kyiv: ISZZI KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2021. 126s.
 4. Kaidenko, M.M., Roskoshnyi, D.V. Arkhitektura prohramno-vyznachuvanykh radiosystem dlia rozrobky radioobladnannia. Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Perspektyvy telekomunikatsii». 2018. vylucheno iz <http://conferenc.its.kpi.ua/proc/article/view/131302>.
 5. Riazantsev O. V. Konspekt lektzii z dystsypliny «Osnovy mobilnogo zviazku» osvithoprofesiinoi prohramy pershoho(bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity zi spetsialnosti 172 «Telekomunikatsii ta radiotekhnika», ukl. Riazantsev O. V., Kamianske; DDTU, 2019 r. 75s.
 6. Serhii Matviienko. Urok 10 po STM32: Urok 10 po STM32: UART (zahalni vidomosti). Informatsiinyi resurs pro elektroniku ta prohramuvannia. IT Master - elektronika ta prohramuvannia.URL: <https://itmaster.biz.ua/electronics/stm32/stm32-uart-project-blocking.html>.
 7. Teoriia system mobilnykh infokomunikatsii. Systemna arkhitektura [Elektronnyi resurs]: navchalnyi posibnyk dlia stud. spetsialnosti 172 «Telekomunikatsii ta radiotekhnika» / S.O. Kravchuk; KPI im. Ihoria Sikorskoho. – Elektronni tekstovi danni (1 fail: 18,6 Mbait). – Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2023. 682 s.
 8. Abdulkareem A., Dike U. Ike, Adewale A. Ajao, Adelakun A. A . Programming a Computer and a Microcontroller to Control the Speed and Direction of DC Motors. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2014. 3. 5046-5053. URL: https://www.researchgate.net/publication/315706774_Programming_a_Computer_and_a_Microcontroller_to_Control_the_Speed_and_Direction_of_DC_Motors.
 9. Güven Y., Coşgun E., Kocaoğlu S., Gezici H. , Yilmazlar E. Understanding the Concept of Microcontroller Based Systems To Choose The Best Hardware For Applications. Research Inveny: International Journal of Engineering And Science .Vol.6, Issue 9 (September 2017), PP. 38-44. URL: https://www.researchgate.net/publication/322436662_Understanding_the_Concept_of_Microcontroller_Based_Systems_To_Choose_The_Best_Hardware_For_Applications.
 10. Morkun V.S. Development of a method for studying traffic of multiservice networks/ Morkun V.S., Hryshchenko S. M., Nizhehorodtsev V.O., Filonenko M.M., Lagovsky V.V. // Radio Electronics, Computer Science, Control. 2023. №2. R.125-133. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2023-2-13>.
 11. Steenbruggen J. Borzacchiello M. T., Nijkamp P. Scholten H. Mobile phone data from GSM networks for trafficparameter and urban spatial pattern assessment:a review of applications and opportunities. GeoJournal. 2013. 78:223-243.DOI 10.1007/s10708-011-9413-y.
 12. V.S Morkun. Investigation of a microcontroller control device at a beneficiation plant with fine screening technology / V.S Morkun, S.M. Hryshchenko, Y.O. Hryshchenko, V.O. Nizhehorodtsev, D.E. Tananaiev. // Visnyk Kryvorizkoho natsionalnogo universytetu. Kryvyi Rih, 2024. Vyp. 58. S. 22-30. URL: <http://visnykknu.com.ua/ua/journal/#2024>.
 13. Yuliia Tunik. Z reziume dzhuna: Spring Framework — populjarnyi freimvork na Java. 2023. URL: <https://javarush.com/ua/groups/posts/6468-z-rezjume-dzhuna-spring-framework--populjarniy-freymvork-na-java?post=full#discussion>.

Nizhegorodtsev V.O., Bilokopytov, Filonenko M. M., Lagovskyi V. V. Hardware and software framework of an intelligent system for data collection from gsm technology monitoring

The complex system of observation, collection, processing, systematization and analysis of data from a network of devices for monitoring information about the state of the environment allows you to obtain reasonable recommendations for making management decisions in various industries, such as industry, agriculture, military and healthcare. The creation of mobile data collection and transmission systems with their further processing with the help of artificial intelligence methods is a promising direction for solving such problems. To achieve this goal, modern programming methods and tools, data analysis methods, as well as hardware capabilities of modern sensors and microcontrollers are used.

Such systems can significantly and positively affect the country in various aspects, and the development of systems for collecting and systematizing data from network monitoring devices provides space for the development of related questions that can be raised, namely: the ethics of using and creating artificial intelligence, the dependence of all humanity on technology, the optimization of virtual reality technologies.

The purpose of the research is to design a system for receiving and further processing a GSM signal, which will help design data encryption modules for transmitting and storing information, collecting and systematizing data from a network of monitoring devices.

Based on the received data coming from external monitoring sensors, namely from the GSM antenna, which generates information about the strength of the available signal and its spectrum, and data from the generation of the received coordinates of the emitted signal, to analyze the data and provide a convenient way to monitor and process information in real time.

The scientific novelty consists in substantiating the grounds for creating a hardware and software prototype of an intelligent data collection system from a network of monitoring devices based on a complex of engineering, technical and research works: analysis of hardware products for monitoring the radio environment, design of a mobile platform and modeling of its elements, creation of a relational data model of the DBMS, the system user interface, and configuration of the data processing server.

Keywords: *microcontroller, monitoring, software, sensor, GSM.*

Ніжегородцев Владислав Олександрович – к.пед.н., доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Державного податкового університету (Ірпінь), nizhegorodtsev@ukr.net.

Білокопитов Дмитро Сергійович – магістр Навчально-наукового інституту «Інститут інформаційних технологій в економіці» освітньо-професійної програми «Системи штучного інтелекту» Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (Київ), dmitry.ua.kiev@gmail.com.

Філоненко Михайло Миколайович – к.фіз.-мат. н., завідувач кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Державного податкового університету (Ірпінь), filonenko.mykhaylo@gmail.com.

Лаговський Володимир Вікторович – к.е.н., доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Державного податкового університету (Ірпінь), vvlagovsky2@gmail.com.

Стаття подана 20.10.2024.