

АРХІТЕКТУРА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ

А.М. Lutskiy PhD., Assoc. Prof., D.M. Havrada

ARCHITECTURE OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR MULTIMODAL BIOMETRIC PERSON IDENTIFICATION

Біометрична ідентифікація – це процес розпізнавання особи на основі її унікальних фізіологічних або поведінкових характеристик. Вона є одним із найперспективніших напрямів розвитку систем інформаційної безпеки комп'ютеризованих систем, оскільки дозволяє виконувати аутентифікацію без необхідності запам'ятовування паролів чи носіння фізичних носіїв.

В основі біометричної ідентифікації лежить принцип, за яким біометричний шаблон користувача формується з набору вимірюваних ознак, отриманих під час реєстрації, і згодом порівнюється з поточними вимірюваннями.

У роботі пропонується архітектура системи, яка будується за модульним принципом і охоплює як апаратні, так і програмні компоненти. Ці елементи взаємодіють між собою через локальні інтерфейси та внутрішні програмні API. Основною ідеєю є об'єднання двох незалежних каналів біометричної ідентифікації за обличчям і за голосом в єдину інтегровану платформу, яка забезпечує надійне підтвердження особи у режимі реального часу. Запропонована архітектура апаратно-програмного комплексу мультимодальної біометричної ідентифікації особи представлена на рис.1.

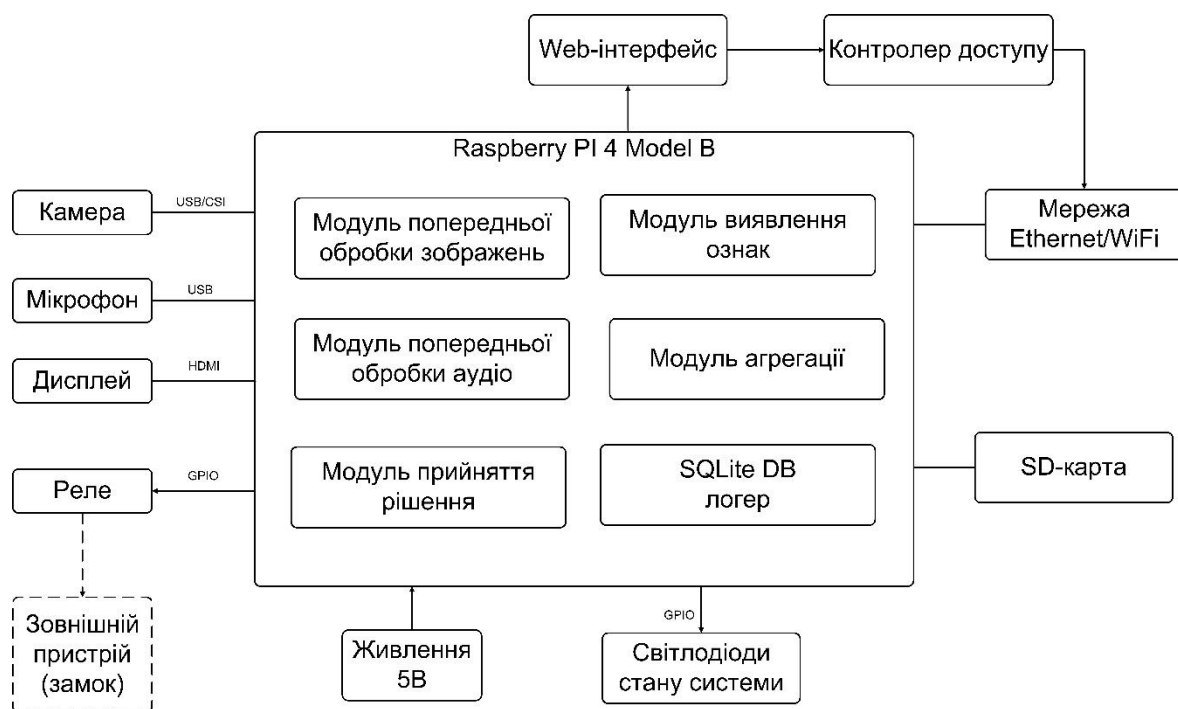


Рис.1. Архітектура апаратно-програмного комплексу біометричної ідентифікації

Як видно з рис.1, центральним елементом комплексу виступає одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4 Model B, який координує роботу всіх підсистем.

Базовий вузол системи розміщено на Raspberry Pi, що поєднує у собі достатню обчислювальну потужність, мале енергоспоживання та можливість роботи у бездисковому автономному режимі. До нього підключено USB-камеру, яка здійснює захоплення відео з обличчям користувача, та мікрофон, який формує звуковий потік для аналізу мовлення.

Для зворотного зв'язку може використовуватися невеликий дисплей або сенсорний екран, де відображаються результати ідентифікації та стан системи.

Через GPIO-порти Raspberry Pi керує реле або електронним замком, що забезпечує фізичну реакцію системи, яка включає:

- розблокування доступу;
- світлового сигналу за допомогою світлодіодів.

У конструкції передбачено модуль живлення з резервним акумулятором (UPS НАТ), який гарантує коректне завершення роботи навіть при раптовому відключенні електромережі. Це запобігає пошкодженню даних у локальній базі. Усі сигнали з керуючих портів проходять через оптоелектронні розв'язки, що підвищує електричну безпеку пристрою.

Програмне забезпечення системи складається з двох основних частин: backend-сервісу та веб-інтерфейсу користувача. Обидві частини функціонують на Raspberry Pi та не потребують підключення до зовнішнього сервера.

Backend реалізовано на Python із використанням фреймворку FastAPI. Цей компонент відповідає за взаємодію з периферійними пристроями, обробку даних, зберігання інформації та логіку прийняття рішень.

Для зберігання даних використовується локальна база SQLite, що не потребує додаткових служб і добре підходить для вбудованих систем. У базі даних передбачається створення таблиць користувачів, векторних описів облич та голосу, журналів подій і системних параметрів.

Модуль відеоідентифікації виконує захоплення кадрів з камери, корекцію зображення, нормалізацію яскравості та виявлення області обличчя. Далі активується нейромережева модель, навчена для екстракції ознак обличчя, яка формує компактне числове представлення користувача.

Аналогічно, модуль голосової ідентифікації аналізує аудіосигнал, фільтрує шум, виділяє мовні ділянки та обчислює спектральні характеристики. У результаті отримується вектор голосових ознак, який у подальшому порівнюється з тими зразками, які є в базі даних.

Одержані вектори ознак надходять до модуля агрегації, який поєднує інформацію від двох каналів і формує єдину оцінку достовірності. На основі цього результату система ухвалює рішення щодо автентичності користувача. У випадку позитивного результату формується команда на реле керування замком та запис у журнал подій.

Веб-інтерфейс адміністратора можна релізувати засобами HTML 5 та JavaScript із використанням шаблонів FastAPI. Через цей інтерфейс адміністратор може реєструвати нових користувачів, здійснювати первинне навчання системи, переглядати журнали, змінювати параметри роботи, а також тестувати камеру та мікрофон. Веб-інтерфейс працює у межах локальної мережі або через захищене з'єднання HTTPS, що дозволяє виконувати адміністрування без підключення до хмарних сервісів. Взаємодію між компонентами системи покладено на внутрішній API, що базується на обміні HTTP-запитами.