

УДК 004.931:004.056.523

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ НА БАЗІ RASPBERRY PI ТА ESP32CAM З ФУНКЦІЮ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ

Коротіч О.В.

email: oleksii.korotich@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., проф. Зубков О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МТС
м. Харків, Україна

A scalable security system has been developed based on ESP32Cam and Raspberry Pi modules with the function of recognizing moving objects. The TensorFlow Lite neural network has been integrated to recognize moving objects. A study was conducted of the effectiveness of human recognition at different distances from the camera and different illumination levels. The speed of processing video streams at speeds of up to 11 frames/s has been achieved.

Сучасні системи безпеки потребують ефективних рішень, здатних швидко розпізнавати загрози та реагувати на них, а одним із ключових аспектів таких систем є розпізнавання зображень [1]. Ця технологія дозволяє ідентифікувати об'єкти в режимі реального часу, підвищуючи рівень захисту та забезпечуючи миттєве реагування на потенційні загрози. Крім того, системи безпеки з розпізнаванням зображень можуть надсилати персоналізовані сповіщення, що покращує комфорт і зручність користувачів.

Останнім часом, завдяки прогресу в галузі апаратних платформ, таких як ESP32Cam і Raspberry Pi [2,3], стало можливим створювати доступні й високоефективні рішення для розпізнавання зображень. Ці пристрої мають достатню продуктивність і функціональність для реалізації складних алгоритмів комп'ютерного зору, залишаючись при цьому доступними за вартістю й простими в інтеграції. Обмежений обсяг оперативної та flash-пам'яті модулів ESP32Cam не дозволяє впроваджувати нейронні мережі з великою кількістю шарів, що забезпечують високу точність розпізнавання зображень. Однак ці модулі можна використовувати як пристрої відеозйомки та аналізу руху в приміщенні, а одноплатний комп'ютер Raspberry Pi – як пристрій для розпізнавання зображень, отриманих від модулів ESP32Cam. Архітектури систем, що поєднують ESP32Cam і Raspberry Pi, описані в нижці публікацій. Проте в подібних дослідженнях відсутній аналіз ефективності розпізнавання зображень у таких комбінованих системах. Тому метою даного дослідження є аналіз швидкодії та ефективності розпізнавання зображень у системі безпеки на базі ESP32Cam і Raspberry Pi.

Архітектура спроектованої системи безпеки наведена на рисунку 1 та складається з двох основних частин: модулів дистанційного контролю руху і передачі потокового відео під час руху (ESP32Cam), а також центральний процесор із функцією розпізнавання зображень (Raspberry Pi).

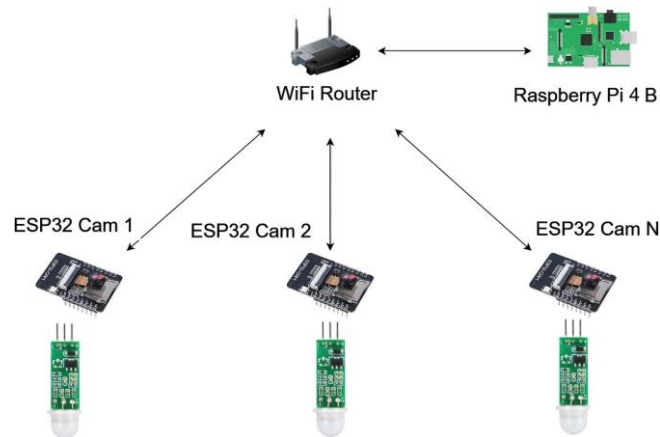


Рисунок 1 – Спроектвана система безпеки на базі Raspberry PI та ESP32Cam

Система є масштабованою, тобто кількість модулів контролю руху може бути збільшена залежно від кількості зон відеоспостереження. Для детекції руху використовується датчик HC-SR505, який опитувався з періодом 50мс. Модуль ESP32Cam у разі отримання сигналу від датчика руху починає транслювати відеопотік на центральний процесор – Raspberry Pi. Модуль ESP32Cam був сконфігурований для відеозахвату з роздільною здатністю 320×240 пікселів і швидкістю зйомки до 15 кадрів/с.

Для обробки зображень із ESP32Cam використовувався Raspberry Pi 4B із 2 ГБ оперативної пам'яті. Для досліджень була обрана мережа TensorFlow Lite [4], що навчена розпізнавати 1000 класів об'єктів із вхідною роздільною здатністю 224×224 пікселів. Вона має найпростішу архітектуру, що забезпечує високу швидкість обробки відеопотоку без використання апаратних прискорювачів із ядрами CUDA.

У ході досліджень оцінювалися такі параметри: час розпізнавання зображень, ймовірність правильного розпізнавання залежно від відносного розміру об'єкта в кадрі та рівня освітлення. Час, необхідний для розпізнавання, вимірювався як різниця між системним часом перед початком і після завершення розпізнавання. Середнє значення склало 91 мс, що відповідає швидкості 11 кадрів/с.

При аналізі ймовірності правильного розпізнавання людини на різних дистанціях людина рухалася зліва направо і навпаки на трьох фіксованих відстанях від камери. Під час руху відстань залишалася сталою, але змінювалися ракурс і положення тіла. Значення ймовірності розраховувалося на основі аналізу 200-250 кадрів. Вибрані дистанції відповідали відносним розмірам людини в кадрі: 100%, 60% та 30% від висоти зображення. Дослідження проводилися в приміщенні у денний та вечірній час при рівні освітлення 1600 лм та 100 лм відповідно. Результати вимірювань наведені у таблиці 1

Таблиця 1 – Ймовірність правильного розпізнавання в розробленій системі

Відносний розмір людини, %	Ймовірність правильного розпізнавання	
	Освітленість 1600 lm	Освітленість 100 lm
100	0.85	0.71
60	0.81	0.63
45	0.71	0.56
30	0.32	0.19

Висновки. У розробленій системі безпеки застосування алгоритму передавання відеопотоку лише за наявності руху в зоні спостереження дозволило значно підвищити швидкість системи, а також масштабувати її шляхом збільшення кількості підключених модулів відеоспостереження. Використання новітньої версії нейронної мережі TensorFlow Lite, адаптованої для вбудованих систем, забезпечило високу швидкість розпізнавання – 11 кадрів/с без використання апаратних прискорювачів.

Нейронна мережа TensorFlow Lite продемонструвала високу ймовірність правильного розпізнавання для об'єктів, розмір яких становить не менше ніж 50% висоти зображення. Водночас ефективність розпізнавання дрібних об'єктів різко знижується через обмежений розмір вхідного зображення та втрату дрібних деталей при обробці у згорткових шарах мережі. Також значне зниження точності спостерігається при поганому освітленні, що пояснюється використанням стандартних датасетів для навчання нейронної мережі, в яких кількість зображень з низькою яскравістю є надзвичайно малою.

Список використаних джерел:

1. Karim R., Chowdhury P., Rahman L., Kazary S.. An AI-Based Security System Using Computer Vision and NLP Conversion System// 2021 3rd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0. Dhaka:Bangladesh. 2021. PP.1-5
2. Markapuri V., Penumajji N., Neilsen M.. PiBase: An IoT-based Security System Using Google Firebase and Raspberry Pi// 2021 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence Systems. Bandung, Indonesia. 2021. PP.79-85
3. Putra W.S., Setyawan A. Room Security System Design Using Esp32 Cam With Fuzzy Algorithm// Mobile and Forensics. 2021. Vol. 3. No. 2. PP. 66-74
4. Kashyap A., Srivastava H., Yadav D., Nishad A., Verma S., Shahi A. Object Detection Using Tensorflow Lite// International Journal of Research Publication and Reviews. 2023. Vol. 4. No. 5. PP. 3093-3097