

РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВІРТУАЛЬНИХ ДАТЧИКІВ ПРИСУТНОСТІ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

В умовах зростання енергоспоживання та необхідності оптимізації навантаження на енергосистему України підвищення енергоефективності житлових і офісних будівель набуває особливої актуальності. Системи класу Smart Home поступово трансформуються з інструментів підвищення комфорту у засоби інтелектуального управління енергетичними ресурсами. Дослідження показують, що значна частина електроенергії у побутовому секторі витрачається нераціонально через роботу освітлення та кліматичних підсистем у приміщеннях, де фактично відсутні люди [1]. Тому важливим елементом сучасних систем домашньої автоматизації є надійне визначення присутності користувача.

Найбільш поширеними засобами детекції присутності є пасивні інфрачервоні датчики, принцип роботи яких базується на реєстрації змін теплового випромінювання рухомих об'єктів. Однак такі датчики ефективні переважно для фіксації руху та не здатні коректно визначати присутність людини у стані спокою. У результаті система може помилково вимикати освітлення або інші пристрої, що знижує зручність користування. Альтернативні рішення, зокрема мікрохвильові датчики (mmWave), забезпечують вищу точність визначення присутності, проте характеризуються більшою вартістю та складністю інтеграції.

Перспективним підходом до вирішення зазначеної проблеми є використання методів комп'ютерного зору та глибокого навчання. На відміну від класичних детекторів руху, алгоритми Object Detection виконують семантичний аналіз відеозображення та дозволяють визначати наявність людини у кадрі незалежно від її активності. Використання нейронних мереж дозволяє підвищити точність визначення присутності та розширити функціональні можливості систем домашньої автоматизації. Тому тема дослідження є актуальною.

Метою роботи є підвищення енергоефективності розумного будинку на основі створення програмної підсистеми віртуальних датчиків присутності з використанням нейромережевих алгоритмів.

Концепція підсистеми полягає у використанні однієї камери відеоспостереження для формування декількох програмних (віртуальних) датчиків присутності. Зображення з камери програмно розділяється на зони інтересу, наприклад: робоче місце, зона відпочинку або вхід до кімнати.

Кожна зона функціонує як окремий віртуальний датчик, стан якого може використовуватися у сценаріях автоматизації.

У рамках дослідження проведено аналіз сучасних алгоритмів детекції об'єктів, зокрема SSD, MobileNet та YOLO. За результатами порівняльного аналізу для реалізації підсистеми обрано архітектуру YOLOv8 (версія Nano), яка забезпечує оптимальний баланс між точністю розпізнавання та обчислювальними витратами, що дозволяє виконувати обробку відеопотоку на центральному процесорі без використання спеціалізованих графічних прискорювачів.

Програмна реалізація підсистеми виконана мовою програмування C# на платформі .NET. Для роботи з відеоданими використано бібліотеку OpenCvSharp, що забезпечує доступ до алгоритмів комп'ютерного зору та нейромережевого аналізу. У графічному інтерфейсі реалізовано редактор зон інтересу, який дозволяє користувачу створювати полігони поверх відеозображення та визначати межі віртуальних датчиків.

Алгоритм функціонування підсистеми полягає у визначенні об'єктів класу «Person» на відеокадрі та перевірці належності координат центру знайденого об'єкта до відповідної зони інтересу. Якщо людина знаходиться у межах певної області, відповідний віртуальний датчик переходить у активний стан. Для підвищення стабільності роботи підсистеми реалізовано механізм усунення короточасних помилок детекції (debouncing), що запобігає частим перемиканням станів датчиків.

Інтеграція підсистеми з платформою домашньої автоматизації OpenHAB здійснюється за допомогою протоколу MQTT, який забезпечує швидку та енергоефективну передачу повідомлень у мережах Інтернету речей. Стан кожного віртуального датчика публікується у відповідний MQTT-топік, що дозволяє використовувати ці дані у сценаріях керування освітленням та іншими пристроями розумного будинку.

Практична цінність роботи полягає у створенні програмного рішення, яке дозволяє використовувати стандартні камери відеоспостереження як мультizonні датчики присутності. Це дає можливість модернізувати існуючі системи домашньої автоматизації без встановлення додаткових апаратних сенсорів, що сприяє підвищенню енергоефективності та зниженню експлуатаційних витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Martínez R., Fernández A. Energy Management in Smart Homes: A Review of Sensors and Strategies *Energy Efficiency Journal*. 2023. Vol. 16. P. 230–245.