

АНАЛІЗ ПРАКТИЧНИХ РЕАЛІЗАЦІЙ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТУДЕНТІВ В ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

¹Вінницький національний технічний університет

Розглянуто наявні системи автоматизованої ідентифікації студентів на основі різних технологій. Розглянуто системи, реалізовані на основі таких технологій, як: Wi-Fi, Bluetooth, розпізнавання обличчя, QR-код, сканування відбитків пальців та RFID. Проаналізовано особливості та алгоритми роботи кожної системи. Алгоритми роботи систем подані у вигляді UML-діаграм.

В результаті аналізу визначено переваги та недоліки кожної технології. Для порівняння проаналізованих методів ідентифікації розглянуто переваги та недоліки систем, технічні характеристики обладнання та інші аспекти в контексті автоматизованої системи обліку відвідуваності.

Системи на основі Wi-Fi дозволяють повністю автоматизувати процес ідентифікації та мають низьку вартість обладнання, але потребують наявності у студентів власного смартфона. Системи на основі Bluetooth аналогічні системам на основі Wi-Fi, але замість смартфона потребують будь-якої пристрій з підтримкою Bluetooth та не потребують встановлення на пристрій спеціального додатку. Системи на основі розпізнавання обличчя не потребують додаткових пристроїв та повністю автоматизовані, але мають меншу достовірність ідентифікації студентів та високу складність супроводження бази даних. Системи на основі QR-коду мають високу достовірність ідентифікації та низьку складність супроводження бази даних, але не можуть бути автоматизовані. Системи на основі сканування відбитків пальців не потребують додаткових пристроїв та мають високу достовірність ідентифікації, але їх неможливо автоматизувати і вони потребують прямого контакту студентів зі сканером, що робить технологію недоцільною для занять з великою кількістю студентів. Системи на основі RFID повністю автоматизовані та автономні, але студентам необхідно носити з собою RFID-мітки, а також UHF RFID рідери мають високу вартість відносно до інших технологій.

Таким чином, продемонстровано, що вибір технології для автоматизованої системи ідентифікації студентів залежить від поставлених цілей. За певних обставин кожна з розглянутих технологій може бути оптимальним вибором для впровадження в електронні навчальні системи.

Ключові слова: автоматизовані системи відвідуваності, електронні навчальні системи, ідентифікація, Wi-Fi, Bluetooth, QR-код, розпізнавання обличчя, сканування відбитків пальців, RFID.

Вступ

Основною метою вищих навчальних закладів є надання якісної вищої освіти, для досягнення якої виконуються різноманітні процеси. Прикладом такого процесу є фіксація присутності студентів на заняттях у вищих навчальних закладах. Присутність на заняттях є одним з основних факторів для отримання якісної вищої освіти [1], [2].

Процес заповнення паперового журналу відвідуваності викладачем має дві основні проблеми — людський фактор та витрати часу. Викладач може помилитися та поставити відмітку присутності не тому студенту, а також на сам процес заповнення журналу буде витрачено тим більше часу, чим більше студентів знаходиться в аудиторії.

Проведене дослідження в марокканських школах, у якому брали участь 289 вчителів від початкового до старшого рівня, показало, що в середньому вчителі витрачають від 4 до 6 хвилин на заповнення журналу відвідуваності за усередненої кількості учнів у класі від 32 до 36 осіб [3]. З цього випливає, що з тривалістю заняття у 45 хвилин, час на заповнення журналу відвідуваності становить в середньому від 9 % до 13 % часу загальної тривалості заняття. Отже, якщо за допомо-

гою автоматизації вилучити з цього процесу активну участь викладача та студентів, відведений на заняття час буде використовуватись ефективніше, що підвищить якість освітнього процесу.

Метою роботи є аналіз методів та технологій ідентифікації користувача та визначення оптимальних методів для автоматизованих систем відвідуваності вищих навчальних закладів. Це дослідження передбачає визначення переваги та недоліків різних методів ідентифікації осіб та може бути використано для вибору конкретної технології для реалізації у вищих навчальних закладах.

Аналіз методів ідентифікації студентів

Задачі автоматизованої системи відвідуваності полягають у ідентифікації студента, визначенні його місцезнаходження та порівняння отриманих даних з розкладом занять студентів. По суті задачі цієї системи можна систематизувати на дві основні категорії завдань: збір інформації та подальша її обробка. Ця стаття спрямована на аналіз та порівняння методів збору інформації для ідентифікації особистості та місця її перебування.

Різниця методів ідентифікації полягає у технічних засобах, за допомогою яких здійснюється збір інформації. В процесі дослідження стану розв'язання цієї наукової задачі у світі виявлено, що найпоширенішими для неї технологіями є: Wi-Fi Hotspot, Bluetooth, сканування QR коду, розпізнавання обличчя, сканер відбитків пальців та RFID (Radio Frequency Identification).

Системи на основі технології Wi-Fi Hotspot [4]—[8] полягають у розробці спеціального додатку, який встановлюється на мобільні пристрої студентів. Цей додаток працює у фоновому режимі та отримує інформацію про активне з'єднання смартфона з мережею Wi-Fi. У випадку, якщо це мережа навчального закладу, додаток надсилає до центрального сервера повідомлення з MAC-адресою мобільного пристрою. Подальший крок включає порівняння отриманої MAC-адреси з інформацією, що міститься в базі даних навчального закладу. У випадку знаходження відповідності між даними, студент реєструється як присутній на відповідному занятті. Алгоритм роботи запропонованого методу представлено на UML-діаграмі діяльності (рис. 1).

Системи на базі Bluetooth [9]—[13] за принципом дії схожі на системи на базі Wi-Fi. На відміну від Wi-Fi, Bluetooth має меншу площу покриття. З цього випливає перевага — якщо розташувати в одному приміщенні декілька станцій Bluetooth, можна буде отримати місцезнаходження студента за допомогою RSSI (Received Signal Strength Indicator, сила сигналу). Приклад такої системи реалізовано у університеті Рангсіт (Тайланд) [13]. В різних аудиторіях університету (площею 49 м², 68,6 м² та 184 м²) встановлено по 4 станції зі статичними сканерами Bluetooth. Коли студент входить у зону покриття Bluetooth сканерів, система отримує MAC-адресу його приладу та RSSI.

MAC-адреса використовується для ідентифікації студента, виконуючи її порівняння з базою даних навчального закладу. За допомогою RSSI (за умови знаходження приладу в зоні покриття щонайменше трьох сканерів), можна визначити місцезнаходження студента, тобто визначити, чи знаходиться він у необхідній аудиторії. Алгоритм роботи цього методу показано на UML-діаграмі діяльності (рис. 2).

Принцип роботи систем на основі технології QR-коду [14]—[17] полягає у використанні двох модулів — серверного модуля та мобільного модуля. Серверний модуль відповідає за генерування QR-коду та обробку запитів на фіксацію присутності. Мобільний модуль (у вигляді додатку на смартфон) має два різновиди — для викладачів та для студентів.

Модуль для викладачів використовується для авторизації викладача та запиту на генерування QR-коду. Для формування запиту викладачу необхідно ввести такі дані, як ідентифікатор курсу та секції, дата та час початку лекції, ім'я викладача та випадковий пароль. Далі викладачу необхідно надати QR-код студентам (наприклад, за допомогою проектора) для сканування.

Модуль для студентів використовується для авторизації студентів та для сканування QR-коду. Кожному студенту надається унікальний акаунт з власним ID.

За використання таких систем існує ймовірність недобросовісного користування системою користувачами. До прикладу, сканування QR-коду іншою людиною з чужого смартфона або сканування зображення QR-коду, надісланого через електронні засоби зв'язку. Для вирішення цих проблем розробники однієї з систем [18] додали до мобільного модуля дві додаткові функції — ідентифікація користувача та визначення його місцезнаходження.

Ідентифікація користувача відбувається за рахунок розпізнавання його обличчя. У момент зчитування QR-коду додаток робить фотографію з фронтальної камери смартфона. Ця фотографія надсилається на сервер, де порівнюється з базою наявних фотографій, щоб підтвердити, що QR-код відсканував власник смартфона.



Рис. 1. UML-діаграма діяльності автоматизованої системи обліку відвідуваності на базі технології Wi-Fi Hotspot



Рис. 2. UML-діаграма діяльності автоматизованої системи обліку відвідуваності на базі технології Bluetooth

Для визначення місцезнаходження студента розробники використовують систему GNSS (Global Navigation Satellite System). У момент зчитування QR-коду додаток отримує координати смартфона від системи GNSS та надсилає їх на сервер. Далі сервер, після отримання певної кількості координат з різних смартфонів, розраховує центральну точку між усіма смартфонами. На сервері зберігається дистанція між розрахованим центром та окремим смартфоном. Алгоритм роботи запропонованого методу представлено на UML-діаграмі діяльності (рис. 3).

Принцип роботи систем обліку відвідуваності на основі технології розпізнавання обличчя [19]—[22] полягає у веденні відеозйомки приміщення, зазвичай, веб-камерою. Далі з отриманого відео за допомогою алгоритмів розпізнавання обличчя аналізується кожний кадр. Якщо у кадрі виявляється обличчя, кадр обрізається до розмірів обличчя, після чого воно порівнюється з існуючою базою даних фотографій студентів. У випадку виявлення збігу обличчя, фіксуються такі дані, як час, дата, дані студента та дані викладача поточного заняття. Ці дані зберігаються в базі даних навчального закладу. Алгоритм роботи запропонованого методу показано на UML-діаграмі діяльності (рис. 4).

Серед біометричних систем автоматизованої системи обліку відвідуваності найпоширенішою є сканування відбитку пальця студента [23]—[26]. Для ідентифікації студента використовується база даних відбитків пальців. Основною перевагою цієї технології є те, що дані в такій системі не

використовують багато пам'яті. Через це зберігати базу даних можна не централізовано на серверах вищого навчального закладу, а безпосередньо на платі, на якій встановлюється сканер.

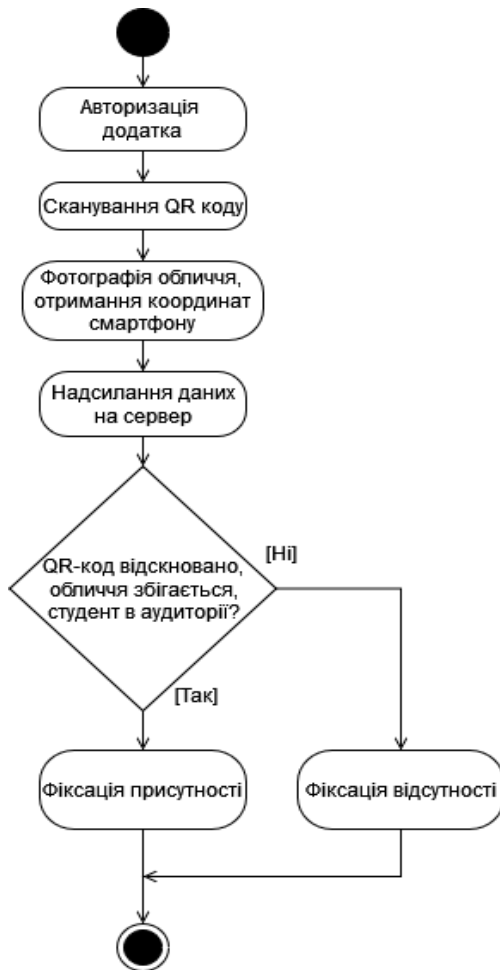


Рис. 3. UML-діаграма діяльності автоматизованої системи обліку відвідуваності на базі технології QR-коду

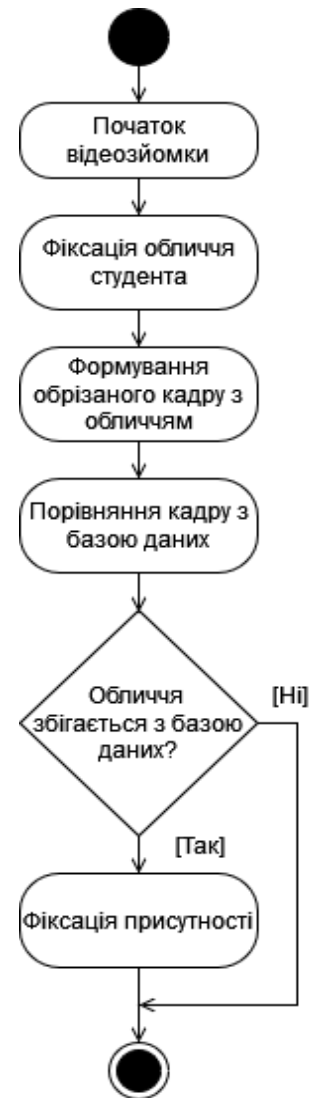


Рис. 4. UML-діаграма діяльності автоматизованої системи обліку відвідуваності на базі технології розпізнавання обличчя

В аудиторіях встановлюються сканери відбитків пальців, на яких студентам необхідно в інтерфейсі обрати аудиторію та дисципліну, після чого потрібно прикласти свій палець. Після сканування відбиток пальця порівнюється з наявною базою даних відбитків пальців. Якщо відбиток збігається, пристрій фіксує присутність студента та відправляє на сервер повідомлення з даними студента, часом, аудиторією та дисципліною. Алгоритм роботи цього методу показано на UML-діаграмі діяльності (рис. 5).

Автоматизовані системи обліку відвідуваності на основі технології RFID [27]—[30] складаються з таких елементів:

- RFID-зчитувач (трансивер), який надсилає спеціальний радіосигнал для сканування до RFID-мітки щоб отримати її ідентифікаційний номер, який потім буде порівнюватися з базою даних;
- пасивної RFID-мітки (транспондер), яка містить унікальний ідентифікаційний номер. До того ж, пасивні RFID-мітки не потребують батареї, адже електромагнітна хвиля RFID-зчитувача індукуює струм в антені RFID-мітки, що дозволяє їй надіслати сигнал у відповідь.

Кожний студент буде носити спеціальний браслет з вбудованою RFID-міткою. В пасивній мітці обмежений обсяг пам'яті, тому в мітці зберігається лише ідентифікаційний номер студента.

В кожній аудиторії встановлюються RFID-зчитувачі, які сканують своє оточення. Якщо RFID-мітка

потрапляє в зону сканування, вона надсилає сигнал зчитувачу у відповідь. Цей сигнал, через який передається ідентифікатор студента, потрапляє до бази даних вищого навчального закладу. Отриманий ідентифікатор порівнюється з інформацією в базі даних. Якщо він збігається з базою даних ідентифікатора, то система фіксує присутність студента на занятті. Ця фіксація, разом з інформацією про студента, надсилається на веб-сторінку вищого навчального закладу, до якої матимуть доступ батьки та викладачі, більше того, викладач може додати іншу інформацію для учнів, таку як успішність.



Рис. 5. UML-діаграма діяльності автоматизованої системи обліку відвідуваності на базі технології сканування відбитка пальця

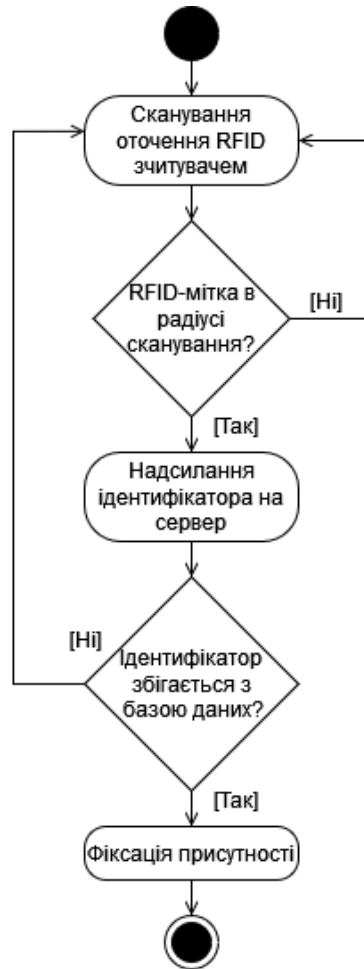


Рис. 6. UML-діаграма діяльності автоматизованої системи обліку відвідуваності на базі технології RFID

В залежності від вибору типу RFID-зчитувача система має певні обмеження. Чим більша частота радіохвилі, який надсилає зчитувач, тим більша зона покриття, в якій RFID мітка може надіслати сигнал у відповідь. Низькочастотні зчитувачі здатні зчитувати інформацію на дистанцію до 10 см, тоді як ультрависокочастотні зчитувачі (UHF RFID) здатні зчитувати інформацію на дистанцію до 10 м [31].

Перевагою низькочастотного зчитувача є його помірна вартість, недоліком — занадто коротка дальність для сканування. Кожному студенту необхідно буде підійти близько до сканера, що триватиме певний час та суперечить основній ідеї автоматизованої системи обліку відвідуваності. Рішенням цієї проблеми може бути використання багатьох сканерів, наприклад, по одному на кожне робоче місце в аудиторіях.

Перевагою ультрависокочастотного зчитувача є велика дальність для сканування, недоліком — велика, порівняно з низькочастотними зчитувачами, вартість та можливий шкідливий вплив радіочастотного випромінювання на здоров'я людини [32]. Для уникнення шкідливого впливу необхідно розташувати зчитувач на певній дистанції від місця, де можуть перебувати люди. У поєднанні з великою, але обмеженою дистанцією сканування, створюється окремий виклик у оптимальному розташуванні зчитувачів, особливо у великих аудиторіях. Алгоритм роботи запропонованого методу показано на UML-діаграмі діяльності (рис. 6).

Порівняння методів ідентифікації

Для порівняння проаналізованих методів ідентифікації розглянуто переваги та недоліки систем, технічні характеристики обладнання та інші аспекти в контексті автоматизованої системи обліку відвідуваності.

До переваг системи на основі технології Wi-Fi Hotspot можна віднести простоту та дешевизну [33] системи. Для її роботи необхідні додаток, встановлений на смартфон, та точка доступу Wi-Fi, які в наш час, зазвичай, і так покривають більшу частину території вищих навчальних закладів.

Але з цього ж випливає і основний недолік системи — смартфон студента відіграє в ній важливу роль. Приймається за замовчуванням, що кожен студент має свій власний смартфон, що у реаліях може бути хибним. До того ж, не береться до уваги, що студент може просто не мати власного смартфона, що батарея смартфона може розрядитися або студент забуде взяти смартфон. Також з часом студенти можуть змінити свій смартфон, тобто у нового смартфона буде нова MAC-адреса. Це створює необхідність періодичного оновлення бази даних MAC-адрес, що створює незручності та додаткові процеси як для студентів, так і для працівників вищого навчального закладу.

Вирішити ці проблеми можна відмовившись від смартфонів та використовуючи певні пристрої, які будуть видаватися студентам. Таким чином непотрібно буде потреби, щоб у студента був власний смартфон, а також у періодичному оновленні бази даних, адже MAC-адреса цих пристроїв фіксована. Однак не зникає проблема живлення — пристрій, що підтримує роботу з Wi-Fi, потребує акумулятор, який студент може забути вчасно зарядити. Заряджання пристроїв на території навчального закладу буде нераціональним, адже буде періодично викликати великі скупчення людей.

Системи на основі технології Bluetooth по своїй суті схожі на системи на основі Wi-Fi, тому мають ідентичні переваги та недоліки. До переваг саме Bluetooth системи можна віднести те, що для її роботи не потрібно розробляти та встановлювати на смартфони спеціальний додаток — система працює з будь-яким приладом, що підтримує технологію Bluetooth.

Також система використовує, окрім MAC-адреси, RSSI дані сигналу, за допомогою якого визначає місцезнаходження студента. Це додатковий крок верифікації його місцезнаходження, але з нього ж і випливає недолік системи — місцезнаходження, визначене за допомогою RSSI, може бути неточним (наприклад, через зовнішні збурення), що робить надійність системи неідеальною. Також до недоліків слід віднести необхідність постійного ввімкненого Bluetooth на пристрої, що додатково розряджає акумулятор пристрою [34].

Хоча через дешевизну та простоту реалізації системи найпоширенішими є системи на базі Wi-Fi та Bluetooth, також для систем обліку відвідуваності розповсюджено розпізнавання обличчя. Така система дозволяє повністю автоматизувати облік, адже не потребує активної участі людей у процесі, при цьому вона не потребує ніякого додаткового обладнання, яке студенти повинні мати з собою, адже обличчя є їхнім унікальним ідентифікатором.

До основних недоліків таких систем можна віднести складність супроводження бази даних, низьку адаптивність та складність у використанні у великих аудиторіях. Складність супроводження бази даних полягає у тому, що для роботи системи необхідна база даних з фотографіями кожного студента, тобто для її створення та оновлення необхідно виконати багато роботи з фотографуванням усіх студентів, враховуючи їхню загальну кількість у навчальному закладі. Низька адаптивність виражається у тому, що така база даних буде створена у студійних умовах, коли студент знає, що його фотографують, не прикриває обличчя і дивиться у камеру. В реальних умовах, під час заняття, студент не буде цього знати, тому збіг поточного фото з еталонним буде нижчим. До того ж, студент може бути в окулярах, в медичній масці, частково прикривати обличчя, що ще більше ускладнює розпізнавання та може призвести до низької точності ідентифікації. Також така система буде погано працювати у великих аудиторіях, адже навіть камера з великою роздільною здатністю не зможе отримати достатньо якісний кадр з обличчям студентів з задніх рядів.

Розглянута система, що використовує QR-код, поєднує у собі три технології: QR-код, розпізнавання обличчя та визначення координат смартфона за допомогою системи GNSS. Комбінація цих технологій дозволяє отримати достовірну інформацію про присутність студента на занятті з великою точністю.

Основним недоліком системи є її неповна автоматизація — для ідентифікації студента викладачу необхідно згенерувати QR-код, надати його студентам, яким необхідно авторизуватися у додатку смартфона, щоб відсканувати QR-код. Виконання цих дій потребує певного часу, що суперечить основній ідеї автоматизованої системи обліку відвідуваності — позбавитися від необхідності активної участі викладачів та студентів у процесі. Різниця між традиційним обліком відвідуваності за допомогою переклички та такою системою полягає у тому, що у традиційному методі облік студентів ведеться пос-

лідовний, а у запропонованому — паралельний. Через це таку систему доцільно використовувати на заняттях, де одночасно присутні більше сотні студентів. В іншому випадку, якщо студентів від 10 до 30, традиційний облік відвідуваності за допомогою переключки триватиме приблизно однаковий час. Також слід зазначити, що окрім потреби у смартфонах та додатків на них, необхідно, щоб в аудиторії знаходився проектор, щоб викладач міг надати згенерований QR-код студентам для сканування.

Система ідентифікації студента по відбитку пальця схожа на розпізнавання обличчя тим, що використовує безпосередньо тіло студента як унікальний ідентифікатор. На відміну від розпізнавання обличчя, ймовірність зміни відбитку пальця занадто нижче, ніж ймовірність завад у разі фотографування обличчя. До можливих змін можна віднести рану або бруд на пальці. Також супроводження бази даних системи значно простіше — отримати відбиток пальця кожного студента простіше і швидше, ніж отримати їхню якісну фотографію. Але це не відмінняє факту, що базу даних необхідно поновлювати та залучати до цього процесу студентів.

Основним недоліком біометричної ідентифікації є неповна автоматизація через необхідність активної участі студентів — їм потрібно прикласти палець до сканера. Також, на відміну від інших методів, студентам необхідний прямий фізичний контакт зі сканером, що непрактично у разі великої кількості студентів. Цю проблему можна усунути, наприклад, встановленням сканера на кожному робочому місці студентів, але це створює додаткові виклики у створенні інфраструктури системи.

Автоматизована система обліку на основі RFID має свої переваги та недоліки в залежності від вибраної технології. Низькочастотні сканери по своїй суті схожі на біометричні системи — студенту необхідний близький контакт (до 10 см) зі сканером, з чого випливають аналогічні проблеми. Позбутися цих проблем дозволяють високочастотні UHF RFID рідери, але до їхніх недоліків відноситься висока вартість обладнання.

Хоча у систем RFID є загальний недолік — наявність RFID міток у студентів, в них є суттєва перевага на фоні інших систем, що вимагають додаткових пристроїв у студентів — пасивні RFID мітки не потребують джерела живлення. Це дозволяє зробити систему не тільки повністю автоматизованою, але і повністю автономною, адже студенту необхідно буде лише мати з собою мітку. Студенту не потрібно буде піклуватися про заряд акумулятора, адже мітка отримує живлення для роботи за допомогою індукції струму з високочастотного сигналу UHF RFID трансиверу.

Через те, що RFID мітку не треба змінювати з часом, студент буде мати однаковий ідентифікатор протягом всього навчання у вищому навчальному закладі. Це можна використати для подальшої діджиталізації навчального закладу, наприклад, у бібліотеці.

Проведене порівняння методів ідентифікації за основними параметрами згруповано та подано у таблиці.

Порівняння технологій автоматизованих систем відвідування

Технологія	Складність супроводження БД	Необхідність додаткових пристроїв	Достовірність ідентифікації	Повнота автоматизації	Автономність	Вартість обладнання
Wi-Fi	середня	смартфон	висока	повна	ні	низька
Bluetooth	середня	будь-який пристрій з підтримкою Bluetooth	висока	повна	ні	низька
Face recognition	висока	немає	середня	повна	так	низька
QR code	низька	смартфон	висока	відсутня	ні	низька
Fingerprint	середня	немає	висока	відсутня	так	низька
RFID	низька	RFID-мітка	висока	повна	так	висока

Для порівняння використано такі параметри:

– складність супроводження бази даних: характеризується частотою та складністю отримання даних, які необхідно періодично додавати до бази даних (наприклад, створити базу даних з фотографіями 1000 студентів складніше, ніж з MAC-адресами 1000 смартфонів);

– необхідність додаткових пристроїв: чи вимагається від студентів мати з собою додаткові пристрої для роботи системи;

– достовірність ідентифікації: виражає можливість неправильно-позитивної або неправильно-негативної ідентифікації студента;

– повнота автоматизації: чи необхідно студентам або викладачам брати активну участь у про-

цесі ідентифікації;

– автономність: залежність роботи системи від факторів, що змінюються у часі (наприклад, заряд акумулятора);

– вартість обладнання: відносно порівняння технічного забезпечення, необхідного для роботи системи.

Висновки

Проведено аналіз наявних систем автоматизованої ідентифікації студентів у вищих навчальних закладах та виконано їхній порівняльний аналіз. Розглянуто використання технологій Wi-Fi, Bluetooth, розпізнавання обличчя, QR-коду, відбитку пальця та RFID. У процесі порівняльного аналізу відокремлено переваги та недоліки кожної технології у контексті автоматизованого обліку відвідуваності.

Виявлено, що повна автоматизація системи можлива за використання технологій Wi-Fi, розпізнавання обличчя та RFID. Розпізнавання обличчя не потребує наявності додаткових пристроїв у студентів та їхнього активного залучення у процесі, але має проблеми з супроводженням системи та достовірністю ідентифікації. Системи на базі Wi-Fi мають кращу достовірність, але потребують від студента наявності власного смартфона. Також вони вимагають оновлення MAC-адреси в базі даних для випадків зміни смартфонів. Системи на базі RFID потребують наявності RFID-міток у студентів. При цьому UHF RFID рідери мають відносно велику вартість, але вони дозволяють позбутися всіх інших проблем, що робить технологію найоптимальнішою для повної автоматизації та автономності.

Вибір технології для автоматизованої системи ідентифікації студентів у навчальному закладі повинен бути обґрунтованим в залежності від поставлених задач та наявних умов. Для автоматизованої ідентифікації великої кількості студентів оптимально використовувати технологію UHF RFID, адже вона дозволяє розробити повністю автоматизовану та автономну систему. Альтернативним варіантом є технології Wi-Fi, Bluetooth та QR-коду, але вони не надають повну автоматизацію, через що на процес фіксації присутності необхідно буде витратити певний час. Якщо кількість студентів невелика (наприклад, у лабораторії), оптимально використовувати технології розпізнавання обличчя або сканування відбитку пальця. Розпізнавання обличчя дозволяє розробити повністю автоматизовану систему, яка буде стабільно працювати у приміщенні з невеликою площею. Сканування відбитку пальця триває не довго за невеликої кількості студентів та має кращу достовірність ідентифікації у порівнянні з розпізнаванням обличчя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] І. П. Аннекова, «Критерії і показники якості освіти у ВНЗ», *Вісник Одеського національного університету*, № 8, 2011.
- [2] M. Credé, S. G. Roch, and U. M. Kieszczyńska, "Class Attendance in College," *Review of Educational Research*, vol. 80, no. 2, pp. 272-295, 2010. <https://doi.org/10.3102/0034654310362998>.
- [3] H. El Mrabet, and A. Ait Moussa, "IoT-School attendance system using RFID technology," *Int. J. Interact. Mobile Technol. (Ijim)*, vol. 14, no. 14, pp. 95, 2020. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i14>.
- [4] J. Rasheed, E. Alimovski, and A. Rasheed, "mManagement: Wi-Fi Hotspot based Attendance Application using Android Smartphone," *2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK)*, Ankara, Turkey, 6-7.10.2019, IEEE. <https://doi.org/10.1109/ubmyk48245.2019.8965588>.
- [5] M. Choi, J.-H. Park, and G. Yi, "Attendance Check System and Implementation for Wi-Fi Networks Supporting Unlimited Number of Concurrent Connections," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 11, no. 7, pp. 508-698, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/508698>.
- [6] B. S. Panca, Y. Paulus, and O. Karnalim, "An Automated Attendance System in Academia with Implicit Authentication via Mobile Devices and Wi-Fi Connection," *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, vol. 16, no. 07, pp. 86, 2020. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i07.13869>.
- [7] N. Ramakrishnan, A. Ajil, Meenakshi Sundaram A. and V. Sanju., "Wi-Fi Based Smart Attendance Monitoring System," *2023 7th International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)*, Bangalore, India, 2023, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/CSITSS60515.2023.10334163>.
- [8] S. Sultana, A. Enayet, and I. J. Mouri, "A Smart, Location Based Time and Attendance Tracking System using Android Application," *International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 01-05, 2015. <https://doi.org/10.5121/ijcseit.2015.5101>.
- [9] N. A. Azim, "Bluetooth Smart based Automated Attendance System," *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 4137-4140, 2020. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/242932020>.
- [10] A. B. Dubey, N. Gupta, A. M. Dubey, and N. Nikam, "Smart Mobile Attendance System using Bluetooth technology," *International Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 6, no. 3, pp. 5217-5221, 2019.
- [11] M.-Y. Bae, and D.-J. Cho, "Design and Implementation of Automatic Attendance Check System Using BLE Beacon," *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, vol. 10, no. 10, pp. 177-186, Oktob. 2015. <https://doi.org/10.14257/ijmue.2015.10.10.19>.

- [12] D. Lee, "Bluetooth-Based Smart Attendance System," *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 3851-3854, 2020. <https://doi.org/10.35940/ijeat.c6280.029320> .
- [13] A. Puckdeevongs, N. K. Tripathi, A. Witayangkurn, and P. Saengudomlert, "Classroom attendance systems based on bluetooth low energy indoor positioning technology for smart campus," *Information*, vol. 11, no. 6, pp. 329, черв. 2020. <https://doi.org/10.3390/info11060329> .
- [14] A. Manori, N. Devnath, N. Pasi, and V. Kumar, "QR Code Based Smart Attendance System," *International Journal of Smart Business and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 1-10, 2017. <https://doi.org/10.21742/ijst.2017.5.1.01> .
- [15] A. Patel, A. Joseph, and S. Survase, "Smart Student Attendance System Using QR Code," in *2nd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST-2019)*, Mumbai, India, 8–9 Apr. 2019. Mumbai: K. J. Somaiya Inst. Eng. & Inf. Technol., Univ. Mumbai, 2019.
- [16] T. A. Bazilah, and M. Z. Zulkifli, "Mobile attendance system using QR codes technology," *Journal of Computing Technologies and Creative Content*, vol. 3, no. 1, pp. 1-3, 2018.
- [17] H. Sutar, S. Chaudhari, P. Bhopi, and D. Sonavale, "Automated attendance system," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 4, no. 4, pp. 839-842, 2022.
- [18] F. Masalha, and N. Hirzallah, "A Students Attendance System Using QR Code," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 5, no. 3, pp. 75-79, 2014.
- [19] D. N. Singh, M. K. Sri, and K. Mounika, "IOT Based Automated Attendance with Face Recognition System," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, vol. 8, no. 6S4, 2019.
- [20] D. Sunaryono, J. Siswantoro, and R. Anggoro, "An android based course attendance system using face recognition," *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.01.006> .
- [21] V. Mekala, V. M. Vinod, M. Manimegalai, and K. Nandhini, "Face Recognition Based Attendance System," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, vol. 8, no. 12, 2019.
- [22] M. S. U. Yusuf, and A. A. Fuad, "Real Time Implementation of Face Recognition based Automatic Institutional Attendance System," *WSEAS Transactions on Signal Processing*, vol. 17, pp. 46-56, 2021.
- [23] A. Patil, A. Mahla, and S. Sonawane, "IoT based attendance system," *Int. Res. J. Eng. Technol. (IRJET)*, vol. 4, no. 2, pp. 1893-1896, 2017.
- [24] M. Alhothaily, M. Alradaey, M. Oqbah, and A. El-Kustaban, "Fingerprint Attendance System for Educational Institutes," *Journal of Science & Technology*, vol. 20, no. 1, 2015. <https://doi.org/10.20428/jst.v20i1.842> .
- [25] A. Basila, and A. Danladi, "Design, simulate and construct a fingerprints attendance system with data logging," *Nigerian Journal of Technology*, vol. 40, no. 4, pp. 703-712, 2021. <https://doi.org/10.4314/njt.v40i4.17> .
- [26] P. Patil, A. Khachane, and V. Purohit, "A Wireless Fingerprint Attendance System," *International Journal of Security, Privacy and Trust Management (IJSPTM)*, vol. 5, no. 4, pp. 11-17, 2016.
- [27] W. A. Farag, and M. Abouelela, "Low-Cost active monitoring of attendance using passive RFID technology," *J. Ilm. Tek. Elektro Komp'ut. Dan Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 552, 2022. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v8i4.25168> .
- [28] B. Torres, Q. Pang, G. W. Skelton, S. Bridges, and N. Meghanathan, "Integration of an RFIDE reader to a wireless sensor network and its use to identify an individual carrying RFID tags," *International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUC)*, vol. 1, no. 4, pp. 1-15, 2010.
- [29] H. F. Abdulsada, "Design and Implementation of Smart Attendance System Based On Raspberry PI," *Journal of Babylon University/Engineering Sciences*, vol. 5, no. 25, pp. 1610-1618, 2017.
- [30] H. T. S. ALRikabi, A. H. Alaidi, and F. T. Abed, "Attendance System Design And Implementation Based On Radio Frequency Identification (RFID) And Arduino," *Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems*, vol. 10, no. 04-Special Issue, 2018.
- [31] J. Uddin, "UHF RFID antenna architectures and applications," *Scientific Res. Essays*, vol. 5, no. 10, pp. 1033-1051, 2010.
- [32] P. Zradziński, J. Karpowicz, K. Gryz, and V. Ramos, "An evaluation of electromagnetic exposure while using ultra-high frequency radiofrequency identification (UHF RFID) guns," *Sensors*, vol. 20, no. 1, pp. 202, 2019. <https://doi.org/10.3390/s20010202> .
- [33] S. C. Hoo, and H. Ibrahim, "Biometric-Based Attendance Tracking System for Education Sectors: A Literature Survey on Hardware Requirements," *Journal of Sensors*, vol. 2019, pp. 1-25, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7410478> .
- [34] A. Carroll, and G. Heiser, "An analysis of power consumption in a smartphone," *USENIX Annu. Tech. Conf.*, 2010.

Рекомендована кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 14.02.2024

Топольський Андрій Іванович — аспірант кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, e-mail: topolskiy.vntu@gmail.com ;

Паламарчук Євген Анатолійович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, e-mail: p@vntu.edu.ua .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Analysis of Practical Implementations of Automated Student Identification Systems in Electronic Learning Systems

¹Vinnitsia National Technical University

The article reviews existing systems of automated student identification based on various technologies. The systems are implemented on the basis of such technologies as: Wi-Fi, Bluetooth, face recognition, QR code, fingerprint scanning, and RFID. The features and algorithms of each system are analyzed. The algorithms of the systems are presented in the form of UML diagrams.

As a result of the analysis, the advantages and disadvantages of each technology were identified. To compare the analyzed identification methods, the advantages and disadvantages of the systems, technical characteristics of the equipment and other aspects in the context of an automated attendance system were considered.

Wi-Fi-based systems allow for full automation of the identification process and have low hardware costs, but require students to have their own smartphone. Bluetooth-based systems are similar to Wi-Fi-based systems, but instead of a smartphone, they require any Bluetooth-enabled device and do not require a special application to be installed on the device. Systems based on face recognition do not require additional devices and are fully automated, but have lower reliability of student identification and high complexity of database maintenance. QR code-based systems have high identification reliability and low database maintenance complexity, but cannot be automated. Fingerprint-based systems do not require additional devices and have high identification reliability, but they cannot be automated and require direct contact between students and the scanner, which makes the technology impractical for classes with a large number of students. RFID-based systems are fully automated and autonomous, but students need to carry RFID tags with them, and UHF RFID readers are expensive compared to other technologies.

Therefore, it has been demonstrated that the selection of technology for an automated student identification system relies on the set objectives. In specific circumstances, each of the technologies under consideration might represent the optimal choice for implementation in electronic learning systems.

Keywords: automated attendance systems, e-learning systems, identification, Wi-Fi, Bluetooth, QR code, face recognition, fingerprint scanning, RFID.

Topolskiy Andriy I. — Post-Graduate Student of the Chair of Automation and Intelligent Information Technologies, e-mail: topolskiy.vntu@gmail.com ;

Palamarchuk Yevhen A. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Automation and Intelligent Information Technologies, e-mail: p@vntu.edu.ua