

DOI 10.54596/2958-0048-2025-2-167-174

УДК 656.13

МРНТИ 55.43.29

СИСТЕМА ДВУХФАКТОРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ПРОПУСКНОГО ПУНКТА

Савостин А.А.¹, Савостина Г.В.¹, Баранов А.И.^{1*}

¹ *НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»*

Петропавловск, Казахстан

**Автор для корреспонденции: alatolybrev@gmail.com*

Аннотация

В статье рассматривается проблема повышения точности и надежности автоматических систем контроля доступа транспортных средств. Современные методы распознавания номерных знаков обеспечивают высокую точность в лабораторных условиях, но их эффективность снижается при неблагоприятных внешних факторах (погодные условия, загрязнение номерных знаков и др.). В связи с этим предложен метод двухфакторной идентификации автомобилей, включающий традиционное распознавание номерных знаков и дополнительную аутентификацию по MAC-адресу мобильного устройства водителя с использованием Wi-Fi сети стандарта IEEE 802.11.

Методы исследования включают анализ сетевого взаимодействия клиентских устройств с точками доступа Wi-Fi, использование мониторингового режима беспроводных адаптеров для перехвата Probe Request пакетов, а также применение алгоритмов машинного обучения для ассоциации автомобилей с MAC-адресами их владельцев. Разработана структурная схема системы, в которой точка доступа Wi-Fi фиксирует MAC-адреса устройств в зоне действия сети и проверяет их в базе данных. Система автоматически открывает шлагбаум при успешном совпадении одного или обоих факторов идентификации.

Результаты показали, что использование двухфакторной аутентификации значительно повышает надежность системы контроля доступа, компенсируя недостатки методов компьютерного зрения.

Ключевые слова: Автоматический контроль доступа, двухфакторная идентификация, распознавание номерных знаков, MAC-адреса, Wi-Fi аутентификация, системы безопасности.

КӨЛІК ҚҰРАЛДАРЫН ӨТКІЗУ БЕКЕТІНЕ АРНАЛҒАН ЕКІ ФАКТОРЛЫ ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІ

Савостин А.А.¹, Савостина Г.В.¹, Баранов А.И.^{1*}

¹ *«Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ*

Петропавл, Қазақстан

**Хат-хабар үшін автор: alatolybrev@gmail.com*

Аңдатпа

Мақалада көлік құралдарына автоматты түрде кіруді бақылау жүйелерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыру мәселесі қарастырылады. Қазіргі заманғы нөмірлік белгілерді тану әдістері зертханалық жағдайда жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді, алайда олардың тиімділігі сыртқы қолайсыз факторлардың (ауа райы жағдайлары, нөмірлік белгілердің ластануы және т.б.) әсерінен төмендейді. Осыған байланысты көліктерді екі факторлы идентификациялау әдісі ұсынылады, ол дәстүрлі нөмірлік белгілерді тану және жүргізушінің мобильді құрылғысының MAC- мекенжайы арқылы IEEE 802.11 стандарты бойынша Wi-Fi желісінде қосымша аутентификациялауды қамтиды.

Зерттеу әдістеріне клиенттік құрылғылардың Wi-Fi кіру нүктелерімен желілік өзара әрекетін талдау, сымсыз адаптерлердің мониторинг режимін пайдаланып Probe Request пакеттерін ұстап қалу, сондай-ақ автомобильдерді олардың иелерінің MAC- мекенжайымен сәйкестендіру үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану кіреді. Жүйенің құрылымдық схемасы жасалды, онда Wi-Fi кіру нүктесі желі әрекет ету аймағындағы құрылғылардың MAC- мекенжайын тіркейді және оларды деректер

базасымен салыстырады. Егер бір немесе екі идентификация факторы сәйкес келсе, жүйе автоматты түрде шлагбаумды ашады.

Нәтижелер көрсеткендей, екі факторлы аутентификацияны пайдалану компьютерлік көру әдістерінің кемшіліктерін өтей отырып, кіруді бақылау жүйесінің сенімділігін айтарлықтай арттырады.

Кілт сөздер: Автоматты кіруді бақылау, екі факторлы идентификация, нөмірлік белгілерді тану, MAC- мекенжай, Wi-Fi аутентификациясы, қауіпсіздік жүйелері.

TWO-FACTOR VEHICLE IDENTIFICATION SYSTEM FOR CHECKPOINTS

Savostin A.A.¹, Savostina G.V.¹, Baranov A.I.^{1*}

^{1*}*Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan*

**Corresponding author: alatolybrev@gmail.com*

Abstract

The article deals with the problem of increasing the accuracy and reliability of automatic vehicle access control systems. Modern methods of license plate recognition provide high accuracy in laboratory conditions, but their efficiency decreases under unfavorable external factors (weather conditions, license plate contamination, etc.). In this regard, a method of two-factor vehicle identification is proposed, including traditional license plate recognition and additional authentication by MAC-address of the driver's mobile device using IEEE 802.11 Wi-Fi network.

Research methods include analyzing the network interaction between client devices and Wi-Fi access points, using the monitoring mode of wireless adapters to intercept Probe Request packets, and applying machine learning algorithms to associate cars with the MAC addresses of their owners. A structural scheme of the system is developed in which a Wi-Fi access point captures the MAC addresses of devices in the network coverage area and checks them against a database. The system automatically opens the barrier when one or both identification factors are successfully matched.

The results show that the use of two-factor authentication significantly improves the reliability of the access control system, compensating for the shortcomings of computer vision methods.

Keywords: Automatic access control, two-factor identification, license plate recognition, MAC-addresses, Wi-Fi authentication, security systems.

Введение

В современном обществе обеспечение безопасности и приватности становится приоритетной задачей в различных областях человеческой деятельности. В связи с этим, большое распространение получают автоматические системы контроля доступа. Одним из передовых решений в этой области является использование на въездах закрытых территорий автоматического распознавания номерных знаков автомобилей.

Система распознавания номеров автоматически идентифицирует транспортное средство при въезде или выезде, обеспечивая удобство и эффективность управления средствами ограждения, такими как шлагбаумы или ворота. Работа таких систем основана на специальном программном обеспечении, которое обрабатывает изображение с камеры и сравнивает распознанный номерной знак с базой данных зарегистрированных машин. При совпадении номера шлагбаум открывается, обеспечивая быстрый и безопасный доступ.

В идеальных условиях современные системы распознавания номерных знаков могут демонстрировать почти стопроцентную точность. Исследование, сравнивающее алгоритмы ANPR (Automatic Number Plate Recognition), показало, что методы Faster-RCNN и E2E обеспечивают точность распознавания и обнаружения 98,35% и 98,48% соответственно [1]. Также при распознавании методом DNN достигается точность 98,90% [2], а с использованием CA-Centernet – 98,96% соответственно [3].

Однако столь высокая точность возможна только в строго контролируемых условиях. Должно быть обеспечено равномерное освещение, стабильное положение камеры относительно транспортного средства, чистый номерной знак и четкие, незасвеченные и незатененные его изображения. В реальной эксплуатации, где внешние факторы, такие как плохая погода, загрязнение на номере или неравномерное освещение, могут ухудшать качество изображения, существенно снижая уровень точности системы [4]. Для уменьшения числа ошибок распознавания в таких ситуациях оправдано применение двухфакторной идентификации транспортного средства.

С этой целью в данной работе предлагается использовать дополнительную идентификацию мобильных устройств водителей регистрируемых транспортных средств при помощи сети IEEE 802.11 Wi-Fi. Данный подход позволяет определять устройства, находящиеся в радиусе покрытия специально организованной сети, на основе их MAC-адресов.

Добавление идентификации устройств через MAC-адрес позволит значительно повысить надежность системы. Такой подход позволяет сопоставлять обнаруженные устройства (телефоны водителей) с зарегистрированными пользователями, что обеспечивает дополнительный уровень проверки. В случае, если номерной знак не может быть распознан из-за плохого качества изображения или других причин, MAC-адрес устройства может служить резервным способом идентификации. Такая интеграция повышает общую точность системы, компенсируя недостатки, связанные с влиянием внешних факторов при видеонаблюдении.

Можно утверждать, что система двухфакторной идентификации автомобилей будет востребована на парковках бизнес-центров, жилых комплексов, территории промышленных предприятий и других объектах с ограниченным доступом. Это позволит автоматизировать процесс контроля перемещения без необходимости использования пропусков, снижая риски потери документов и несанкционированного доступа [5].

Таким образом, использование шлагбаумов или створок ворот с функцией распознавания номеров автомобилей и идентификацией устройств по Wi-Fi является актуальной задачей в контексте современных систем автоматизации и безопасности. В связи с этим, целью данного исследования является разработка системы двухфакторной идентификации транспортного средства для автоматического управления шлагбаумом на пропускном пункте.

Методы исследования

Для идентификации пользовательских устройств посредством анализа MAC-адресов, предлагается использовать особенности сетевого взаимодействия клиентских устройств с точками доступа.

Как известно, передача данных беспроводными устройствами стандарта IEEE 802.11 основывается на использовании специально отведенных частотных диапазонов. Эти диапазоны разделяются на каналы, характеристики которых, такие как количество и ширина, зависят от поколения технологии Wi-Fi [6]. При поиске беспроводных сетей, клиентское устройство (смартфон) на постоянной основе последовательно посылает широковещательные кадры пробного запроса (Probe Request) в каждый из доступных каналов.

В стандарте IEEE 802.11 структура пробного кадра определяет формат данных, передаваемых устройством для поиска беспроводных сетей. В таблице 1 представлена схема пробного кадра с указанием расположения MAC-адреса устройства (MAC-адрес устройства пользователя, отправляющего запрос).

MAC-адрес (Media Access Control address) представляет собой уникальный 48-битный идентификатор, назначаемый сетевому устройству производителем и записываемый в его сетевой адаптер, например, в модуль Wi-Fi смартфона. Он состоит из 12 символов в шестнадцатеричном формате.

MAC-адрес используется для адресации внутри локальной сети и обеспечивает связь между устройствами в одном сетевом сегменте, что делает его ключевым элементом системы идентификации.

Таблица 1. Структура кадра пробного запроса (Probe Request)

Поле	Размер (байты)	Описание
Frame Control	2	Тип и подтип кадра, флаги управления кадром.
Duration/ID	2	Поле времени ожидания кадра или идентификатор.
Address 1	6	MAC-адрес точки доступа (обычно широкополосный: FF:FF:FF:FF:FF:FF).
Address 2	6	MAC-адрес устройства пользователя, отправляющего запрос.
Address 3	6	MAC-адрес сетевого интерфейса точки доступа (SSID).
Sequence Control	2	Номер последовательности кадра.
Frame Body	Переменный	Информационные элементы, такие как SSID, поддерживаемые скорости передачи и параметры PHY.
Frame Check Sequence	4	Контрольная сумма для проверки целостности кадра.

Таким образом, пробные кадры (таблица 1) содержат ключевые данные, включая уникальный MAC-адрес устройства, который используется в качестве основного идентификатора. Для сбора таких кадров применяются беспроводные адаптеры, поддерживающие режим мониторинга (promiscuous mode). Следует учесть, что клиентскому устройству не обязательно выполнять подключение к какой-либо сети Wi-Fi для возможности его идентификации. Беспроводной адаптер в режиме мониторинга будет получать все пробные запросы от всех устройств в радиусе действия его приемопередатчика.

Результаты исследования

На рисунке 1 представлена структурная схема двухфакторной системы идентификации автомобиля для открытия шлагбаума, в которой используются два метода идентификации: распознавание номерных знаков и идентификация по MAC-адресу устройства.



Рисунок 1. Структурная схема системы двухфакторной идентификации

В соответствии с рисунком 1, IP-камера фиксирует изображение номерного знака автомобиля, приближающегося к шлагбауму. Изображение передается на сервер через маршрутизатор (Router), где система распознавания анализирует номер с использованием технологий глубокого обучения и OCR (оптическое распознавание символов). Распознанный номер проверяется в базе данных (Data Base) на наличие разрешения для доступа. Если номер совпадает с зарегистрированным в базе, шлагбаум открывается. Если номер не распознан, производится идентификация по MAC-адресу по схеме, описанной ранее.

Точка доступа Wi-Fi (AP) сканирует пространство в зоне действия сети, перехватывая пробные запросы и извлекая из них данные о MAC-адресах устройств (смартфоны водителей). Система настраивается таким образом, чтобы регистрация MAC-адресов выполнялась только при определенном уровне RSSI (Received Signal Strength Indicator). RSSI это показатель уровня принимаемого сигнала в беспроводных сетях Wi-Fi [9]. Он отражает мощность сигнала, получаемого устройством от точки доступа (или наоборот).

Информацию об уровне RSSI в дБм также можно извлечь из пробного кадра от устройства пользователя. Например, -30 дБм – очень сильный сигнал, а -90 дБм – очень слабый. По этому параметру можно судить об удаленности устройства от точки доступа, а, следовательно, игнорировать все пробные запросы от беспроводных устройств, находящихся на значительном удалении от пропускного пункта. Данная особенность работы системы иллюстрируется на рисунке 1 при помощи вертикальной пунктирной линии.

Также в системе предусматривается игнорирование по MAC-адресу пробных запросов от устройств сотрудников пропускного пункта или прочего персонала, не относящегося к водителям транспортных средств.

Таким образом, с учетом обозначенных особенностей, полученные MAC-адреса проверяются в базе данных. Если MAC-адрес устройства зарегистрирован в системе, шлагбаум открывается. Если MAC-адрес не найден в базе, доступ блокируется.

Дискуссия

В результате, автоматическая системы контроля доступа использует два метода одновременно для повышения точности и безопасности:

– если номерной знак совпадает с зарегистрированным в базе, шлагбаум открывается даже при отсутствии зарегистрированного MAC-адреса;

– если MAC-адрес идентифицирован, но номерной знак не распознан, шлагбаум также открывается.

Альтернативные варианты функционирования предлагаемой системы подразумевают предоставление доступа только при совпадении двух идентификационных критериев с записями в базе данных. В этом случае на контролируемую территорию на своем автомобиле сможет попасть только определенный человек.

Для работы системы база данных MAC-адресов может формироваться заранее путем их регистрации от пользователей, доступ для которых будет предусмотрен.

Также может быть реализован другой сценарий, когда изначально данные об MAC-адресах неизвестны. В этом случае на начальном этапе требуется произвести сбор данных путем выполнения ассоциаций номеров идентифицируемых автомобилей и регистрируемых в данный момент MAC-адресов. Поэтапная процедура ассоциации с применением инструментов машинного обучения позволит сопоставить автомобиль и мобильное устройство водителя.

Для обеспечения конфиденциальности данных в системе предполагается применение методов анонимизации и шифрования, которые защищают информацию о пользователях [7], [8]. Анонимизация данных удаляет или изменяет персонально идентифицируемую информацию, делая невозможным определение личности по оставшимся данным. Шифрование преобразует данные в зашифрованный формат, предотвращая несанкционированный доступ.

Заключение

Предложенная система управления доступом опирается на два независимых фактора идентификации: номерной знак автомобиля и уникальный MAC-адрес устройства водителя.

Одним из ключевых преимуществ такой системы является ее высокая точность и скорость работы. Двухфакторная проверка значительно снижает вероятность ошибок, вызванных как техническими, так и внешними факторами. Например, плохая видимость номерного знака из-за погодных условий или механических повреждений компенсируется идентификацией устройства водителя по его MAC-адресу. Такой подход исключает риск доступа неавторизованных транспортных средств и обеспечивает высокую надежность. Кроме того, автоматизация процесса пропуска устраняет задержки, связанные с участием персонала, так как для зарегистрированных автомобилей шлагбаум открывается мгновенно.

Гибкость и масштабируемость системы также играют важную роль. База данных с разрешёнными номерами и MAC-адресами может быть оперативно обновлена, что позволяет быстро адаптировать систему к изменениям, например, при добавлении новых пользователей или транспортных средств. В случае попыток несанкционированного доступа система не только запрещает въезд на территорию, но и фиксирует событие, что помогает улучшить контроль за безопасностью и анализировать возможные угрозы.

Интеграция распознавания номерных знаков и Wi-Fi технологий создаёт прочный фундамент для современных систем управления доступом. Сочетание технологий искусственного интеллекта, компьютерного зрения и сетевых решений открывает новые горизонты для создания интеллектуальных систем безопасности, соответствующих требованиям современного мира.

Литература:

1. Mehak, Arshid., M., Azam., Zahid, Mahmood. (2024). A Comparative Study on Detection and Recognition of Nonuniform License Plates. *Big data and cognitive computing*, 8(11):155-155. DOI: 10.3390/bdcc8110155.
2. Gopal, D., Upadhye. (2024). Advanced Automated Number Plate Recognizer using Machine Learning Technique. *Deleted Journal*, 32(1s):419-431. DOI: 10.52783/cana.v32.2206.
3. Er., Inderjeet, Singh., Parvez, Rahi., Vanshika, Jain., Nidhi, Sharma., Yuvraj, Anand., Ashutosh, Kumar, Shukla. (2024). Recognition System: Detection of License Plate. 3:171-177. DOI: 10.1109/iccpc61902.2024.10673076.
4. M., C., Rademeyer., A., Barnard., Marthinus, J., Booyesen. (2020). Optoelectronic and Environmental Factors Affecting the Accuracy of Crowd-Sourced Vehicle-Mounted License Plate Recognition. 1:15-28. doi: 10.1109/OJITS.2020.2991402.
5. Ibáñez, J., Zeadally, S., & Contreras-Castillo, J. (2018). Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18. <https://doi.org/10.3390/s18041212>.
6. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi: учебное пособие / [Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский и др.]; под общ. ред. А.В. Пролетарского. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. - 446 с.
7. Choubisa, M., Kumar, V., Kumar, M., & Khanna, D. (2023). Object Tracking in Intelligent Video Surveillance System Based on Artificial System. 2023 International Conference on Computational Intelligence, Communication Technology and Networking (CICTN), 160-166. <https://doi.org/10.1109/cictn57981.2023.10140727>.
8. Pratomo, A., Mokodenseho, S., & Aziz, A. (2023). Data Encryption and Anonymization Techniques for Enhanced Information System Security and Privacy. *West Science Information System and Technology*. <https://doi.org/10.58812/wsist.v1i01.176>.
9. Understanding RSSI https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi/?utm_source=chatgpt.com (10 февраля 2024).

References:

1. Mehak, Arshid., M., Azam., Zahid, Mahmood. (2024). A Comparative Study on Detection and Recognition of Nonuniform License Plates. *Big data and cognitive computing*, 8(11):155-155. DOI: 10.3390/bdcc8110155.
2. Gopal, D., Upadhye. (2024). Advanced Automated Number Plate Recognizer using Machine Learning Technique. *Deleted Journal*, 32(1s):419-431. DOI: 10.52783/cana.v32.2206.
3. Er., Inderjeet, Singh., Parvez, Rahi., Vanshika, Jain., Nidhi, Sharma., Yuvraj, Anand., Ashutosh, Kumar, Shukla. (2024). Recognition System: Detection of License Plate. 3:171-177. DOI: 10.1109/iccpc61902.2024.10673076.
4. M., C., Rademeyer., A., Barnard., Marthinus, J., Booyesen. (2020). Optoelectronic and Environmental Factors Affecting the Accuracy of Crowd-Sourced Vehicle-Mounted License Plate Recognition. 1:15-28. doi: 10.1109/OJITS.2020.2991402.
5. Ibáñez, J., Zeadally, S., & Contreras-Castillo, J. (2018). Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18. <https://doi.org/10.3390/s18041212>.
6. Tekhnologii sovremennyh besprovodnyh setej Wi-Fi: uchebnoe posobie / [E.V. Smirnova, A.V. Proletarskij i dr.]; pod obshch. red. A.V. Proletarskogo. - M. : Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2017. - 446 s.
7. Choubisa, M., Kumar, V., Kumar, M., & Khanna, D. (2023). Object Tracking in Intelligent Video Surveillance System Based on Artificial System. 2023 International Conference on Computational Intelligence, Communication Technology and Networking (CICTN), 160-166. <https://doi.org/10.1109/cictn57981.2023.10140727>.
8. Pratomo, A., Mokodenseho, S., & Aziz, A. (2023). Data Encryption and Anonymization Techniques for Enhanced Information System Security and Privacy. *West Science Information System and Technology*. <https://doi.org/10.58812/wsist.v1i01.176>.
9. Understanding RSSI https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi/?utm_source=chatgpt.com (10 февраля 2024).

Information about the authors:

Baranov A.I. – corresponding author, student, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: alatolybrev@gmail.com;

Savostin A.A. – Professor, Department of Energetic and radioelectronics, candidate of technical sciences, associate professor, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: asavostin@ku.edu.kz;

Savostina G.V. – Associate Professor of the Faculty of Engineering and Digital Technologies, PhD, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: gvshubina@ku.edu.kz.