

Ю. О. ВЬЮНИК

аспірант

Інститут програмних систем Національної академії наук України

ORCID: 0009-0002-3213-8058

М. В. СТЕЖКО

магістр кафедри комп'ютерної інженерії

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

ORCID: 0009-0000-2586-5404

ІНТЕГРАЦІЯ БЕЗДРОТОВИХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ ПІДПРИЄМСТВА ТА ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ АДМІНІСТРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Сучасний розвиток технологій бездротового зв'язку та хмарних сервісів відкриває нові можливості для оптимізації управління інформаційною інфраструктурою підприємств. Інтеграція бездротових локальних мереж (Wireless LAN) із хмарними сервісами забезпечує підвищення ефективності, гнучкості та безпеки мережі, знижуючи витрати на адміністрування та обслуговування. У цій роботі досліджуються ключові аспекти впровадження інтегрованих систем, що поєднують сучасні бездротові технології, такі як Wi-Fi 6 та Mesh-мережі, із потужними можливостями хмарних платформ (Microsoft Azure, AWS, Google Cloud тощо).

Основною метою роботи є розробка ефективної моделі інтеграції, яка задовольнить вимоги підприємств до продуктивності, надійності, масштабованості та безпеки мережевої інфраструктури. Дослідження починається з аналізу сучасних технологій бездротових мереж і хмарних сервісів. Розроблена модель інтеграції базується на використанні бездротових технологій нового покоління для побудови локальної мережі, яка забезпечує швидке підключення пристроїв, їх сегментацію за функціональними групами та захищений доступ до ресурсів через хмарну платформу. Хмарна інфраструктура виконує роль центру управління мережею, пропонуючи інструменти для автоматизації адміністрування, моніторингу в реальному часі, резервного копіювання та масштабування. Впроваджуються алгоритми взаємодії між локальною мережею та хмарою, які гарантують ефективну передачу даних та швидке реагування на можливі загрози. Особливий акцент зроблено на безпеці інтегрованих систем. Результати моделювання та тестування інтегрованої системи показали, що запропонована модель дозволяє суттєво знизити витрати на управління мережею, забезпечуючи стабільність і високу продуктивність навіть за умов значного навантаження.

Таким чином, інтеграція бездротових локальних мереж і хмарних сервісів є перспективним напрямком оптимізації інформаційної інфраструктури підприємств. Вона забезпечує не лише технічні переваги, але й економічну вигоду, оскільки скорочує час простоїв, мінімізує ризики збоїв і автоматизує рутинні операції адміністрування. Запропонована модель може бути адаптована до потреб підприємств різного масштабу, забезпечуючи гнучке та безпечне середовище для сучасного бізнесу.

Ключові слова: бездротові локальні мережі, інтеграція, хмарні сервіси, оптимізація, адміністрування, інформаційна інфраструктура.

YU. O. VIUNNIK

Postgraduate Student

Institute of Software Systems
of the National Academy of Sciences of Ukraine

ORCID: 0009-0002-3213-8058

M. V. STEZHKO

Master at the Department of Computer Engineering

State University of Information and Communication Technologies

ORCID: 0009-0000-2586-5404

INTEGRATION OF WIRELESS LOCAL NETWORKS OF THE ENTERPRISE AND CLOUD SERVICES FOR OPTIMIZATION OF INFORMATION INFRASTRUCTURE ADMINISTRATION

The modern development of wireless communication technologies and cloud services opens up new opportunities for optimizing the management of the information infrastructure of enterprises. The integration of wireless local networks (Wireless LAN) with cloud services provides increased efficiency, flexibility and network security, reducing administration and maintenance costs. This work explores the key aspects of implementing integrated systems that combine modern

wireless technologies such as Wi-Fi 6 and Mesh networks with the powerful capabilities of cloud platforms (Microsoft Azure, AWS, Google Cloud, etc.).

The main goal of the work is to develop an effective integration model that will meet the requirements of enterprises for performance, reliability, scalability and security of the network infrastructure. The study begins with the analysis of modern technologies of wireless networks and cloud services. The developed integration model is based on the use of new-generation wireless technologies to build a local network that provides fast connection of devices, their segmentation by functional groups, and secure access to resources through a cloud platform. Cloud infrastructure acts as a network management center, offering tools for automating administration, real-time monitoring, backup and scaling. Algorithms of interaction between the local network and the cloud are implemented, which guarantee efficient data transfer and quick response to possible threats. Special emphasis is placed on the security of integrated systems. The results of modeling and testing of the integrated system showed that the proposed model significantly reduces network management costs, ensuring stability and high performance even under conditions of significant load.

Thus, the integration of wireless local networks and cloud services is a promising direction for optimizing the information infrastructure of enterprises. It provides not only technical advantages, but also economic benefits, as it reduces downtime, minimizes the risk of failures and automates routine administration operations. The proposed model can be adapted to the needs of enterprises of various sizes, providing a flexible and secure environment for modern business.

Key words: wireless local networks, integration, cloud services, optimization, administration, information infrastructure.

Постановка проблеми

У сучасних умовах динамічного розвитку технологій підприємства стикаються з необхідністю побудови ефективної, масштабованої та безпечної інформаційної інфраструктури. Водночас зростання обсягу даних, кількості пристроїв, підключених до мережі, та вимоги до мобільності створюють нові виклики для адміністрування локальних мереж. Традиційні мережеві рішення, що базуються на кабельних підключеннях та фізичних серверах, стають обмеженими через їхню складність, високу вартість обслуговування та недостатню гнучкість.

Розвиток бездротових технологій, таких як Wi-Fi 6 та Mesh-мережі, відкриває нові можливості для побудови локальних мереж, які забезпечують високу швидкість передачі даних, широке покриття та зручність підключення. Одночасно хмарні сервіси, зокрема Microsoft Azure, AWS та Google Cloud, пропонують потужні інструменти для автоматизації адміністрування, резервного копіювання, моніторингу та масштабування інфраструктури.

Однак інтеграція бездротових локальних мереж із хмарними сервісами супроводжується низкою проблем, серед яких:

- Складність інтеграції.
 - Невідповідність між локальними мережевими технологіями та хмарними платформами може створювати труднощі у налаштуванні та управлінні.
 - Відсутність стандартизованих підходів до взаємодії локальної мережі та хмари.
- Безпека даних.
 - Використання бездротових мереж та хмарних сервісів збільшує ризик кіберзагроз.
 - Необхідність забезпечення шифрування даних, автентифікації користувачів та захисту API.
- Масштабованість і продуктивність.
 - Зростання навантаження на мережу через підключення великої кількості пристроїв може призводити до збоїв чи уповільнення роботи.
 - Недостатня гнучкість традиційних підходів до управління ресурсами у великих підприємствах.
- Адміністрування та технічна підтримка.
 - Традиційні методи адміністрування локальних мереж є затратними за часом і вимагають значних зусиль з боку ІТ-фахівців.
 - Відсутність автоматизації у рутинних процесах, таких як оновлення, моніторинг чи усунення несправностей.

Ці проблеми вимагають пошуку нових підходів до побудови та управління мережами, які будуть відповідати вимогам сучасного бізнесу щодо продуктивності, безпеки та економічності. Інтеграція бездротових локальних мереж із хмарними сервісами є перспективним рішенням, яке дозволяє поєднати переваги сучасних бездротових технологій із потужністю та гнучкістю хмарної інфраструктури.

Формулювання мети дослідження

Мета дослідження: Дослідити можливості інтеграції бездротових локальних мереж підприємства та хмарних сервісів для створення ефективної моделі інформаційної інфраструктури, яка забезпечить гнучке, безпечне та автоматизоване адміністрування мережевих ресурсів.

Для досягнення мети сформулюємо наступні задачі дослідження:

1. Провести аналіз сучасного стану та вимог до ІТ-інфраструктури підприємства.
2. Дослідити технології та стандарти бездротових мереж.
3. Розробити модель інтеграції бездротової мережі та хмарних сервісів.

4. Дослідити загрози, пов'язані з інтеграцією хмарних технологій та бездротових мереж, та запропонувати рішення для захисту даних

Запропоновані завдання спрямовані на створення комплексного рішення, яке забезпечить ефективність, мобільність і безпеку інформаційної інфраструктури підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Інтеграція бездротових локальних мереж (WLAN) з хмарними сервісами стає ключовим трендом в управлінні інформаційною інфраструктурою, забезпечуючи оптимізацію процесів адміністрування, підвищення продуктивності та масштабованість.

Використання програмно визначених мереж (SD-WAN) дозволяє покращити маршрутизацію трафіку, оптимізувати використання каналів зв'язку та забезпечити кращу інтеграцію локальних мереж з хмарними платформами. Це значно знижує затримки, покращує продуктивність мережі та спрощує управління масштабованими мережевими середовищами [1, 2]. Інтеграція хмарних технологій дозволяє автоматизувати багато аспектів адміністрування, які раніше вимагали значних людських ресурсів. Хмарні сервіси спрощують моніторинг систем, оновлення програмного забезпечення та управління обчислювальними ресурсами, знижуючи витрати та підвищуючи ефективність [3, 4]. Сучасні хмарні сервіси активно використовують AI та ML для прогнозування навантаження на мережу, автоматизації задач адміністрування та забезпечення кібербезпеки. Це дозволяє підвищити рівень захисту даних, автоматично ідентифікувати потенційні загрози та оптимізувати операційні процеси [5]. Під час інтеграції хмарних рішень важливо забезпечити відповідність стандартам безпеки, таким як GDPR та ISO. Це включає впровадження політик кібербезпеки, резервного копіювання та відмовостійкості систем для уникнення втрати даних у разі збоїв [6]. Хмарні технології дозволяють швидко адаптувати мережеву інфраструктуру до змінних бізнес-потреб [7].

Інтеграція бездротових локальних мереж і хмарних сервісів відкриває значні можливості для підприємств, забезпечуючи їхню гнучкість, продуктивність і безпеку. Це особливо актуально для організацій, які працюють у динамічному середовищі з високими вимогами до швидкості, надійності та безпеки. Впровадження таких рішень вимагає ретельного аналізу наявної інфраструктури, вибору відповідних технологій і планування стратегії інтеграції.

Викладення основного матеріалу дослідження

1. Аналіз сучасного стану та вимог до IT-інфраструктури підприємства

Проведемо оцінку існуючих технологій побудови локальних обчислювальних мереж на базі бездротових технологій. Сучасні підприємства активно впроваджують бездротові технології для побудови локальних обчислювальних мереж (LAN). Це обумовлено необхідністю створення мобільної, швидкої та гнучкої інфраструктури. Основні технології включають:

- **Технології Wi-Fi.** Wi-Fi 5 широко використовується завдяки високій швидкості передачі даних (до 3,5 Гбіт/с), однак має обмеження щодо ефективності у щільно населених мережах. Wi-Fi 6 стає новим стандартом завдяки оптимізованій роботі у середовищах із великою кількістю підключених пристроїв та підвищеній швидкості передачі даних (до 9,6 Гбіт/с).

- **Mesh-мережі.** Забезпечують широке покриття та високу надійність мережі, використовуючи декілька точок доступу, які динамічно взаємодіють одна з одною. Вони особливо ефективні для великих підприємств із розподіленими об'єктами.

- **IoT-технології.** Підключення та управління великою кількістю пристроїв (сенсорів, камер, пристроїв моніторингу) вимагає інтеграції спеціалізованих протоколів (наприклад, Zigbee, LoRa, Bluetooth Low Energy).

З розвитком цифровізації основні вимоги до IT-інфраструктури підприємств змінюються. Проведемо аналіз потреб підприємств у масштабованості, мобільності та безпеці інформаційної інфраструктури Серед ключових потреб виділяються:

- **Масштабованість**

- Підприємства потребують інфраструктури, яка легко адаптується до зростання кількості користувачів, пристроїв та обсягів даних.

- Забезпечення масштабованості досягається через використання Mesh-мереж, динамічних VLAN та можливостей хмарних платформ.

- **Мобільність**

- Сучасні бізнес-процеси вимагають доступу до мережі та корпоративних ресурсів незалежно від місця розташування працівників.

- Бездротові мережі нового покоління та VPN-технології забезпечують зручний та захищений доступ до ресурсів у віддаленому режимі.

- **Безпека**

- Зростання кількості кіберзагроз вимагає впровадження багаторівневого захисту. Основними напрямками є шифрування даних, автентифікація користувачів та сегментація трафіку.

Розглянемо основні хмарні сервіси для адміністрування мережі. Хмарні сервіси забезпечують централізоване управління та автоматизацію процесів адміністрування. Основні платформи, які можуть бути використані:

- **Microsoft Azure.** Пропонує широкий набір інструментів для моніторингу, масштабування та автоматизації роботи мережі. Інтеграція з Active Directory забезпечує спрощене управління доступом.
- **Amazon Web Services (AWS).** AWS дозволяє розгорнути хмарну інфраструктуру для управління мережею, використовуючи сервіси, такі як AWS IoT Core, AWS Shield (захист від DDoS) та AWS CloudTrail (аудит дій у мережі).
- **Google Cloud.** Платформа пропонує прості в налаштуванні сервіси для резервного копіювання, моніторингу та управління трафіком. Google Kubernetes Engine забезпечує контейнеризацію для управління IoT-пристроями.
- **Спеціалізовані хмарні сервіси для мереж.** Сервіси типу Cisco Meraki дозволяють управляти мережевою інфраструктурою, включаючи точки доступу, маршрутизатори та безпеку, з однієї хмарної платформи.

Сучасний стан IT-інфраструктури підприємств характеризується зростаючою потребою в мобільності, масштабованості та безпеці. Інтеграція бездротових технологій із хмарними платформами створює потужну основу для оптимізації адміністрування мережі, дозволяючи підприємствам реагувати на виклики цифрової епохи. Пріоритетними напрямками для розвитку є впровадження Wi-Fi 6, Mesh-мереж та хмарних сервісів для забезпечення гнучкості та автоматизації управління мережею.

2. Дослідження технологій та стандартів бездротових мереж

Розглянемо основні характеристики технологій бездротового зв'язку та виокремимо особливості сучасних технологій бездротового зв'язку (Табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльний аналіз технологій

Параметр	Wi-Fi 6	Mesh-мережі	IoT
Призначення	Новітній стандарт бездротового зв'язку, який забезпечує високу продуктивність і ефективність у середовищах із великим числом підключених пристроїв	Mesh-мережі складаються з декількох точок доступу, що взаємодіють між собою для створення єдиної мережі	Технології IoT спрямовані на підключення пристроїв для збору даних і автоматизації процесів
Швидкість передачі	Висока (до 9,6 Гбіт/с)	Помірна, залежить від зв'язку між вузлами	Низька, залежить від протоколу
Масштабованість	Обмежена кількістю точок доступу	Висока, легко додаються нові вузли	Дуже висока, адаптивна до великої кількості пристроїв
Надійність	Висока, за умови якісного обладнання	Дуже висока, завдяки резервуванню	Залежить від протоколу та енергозабезпечення
Енергоспоживання	Середнє, оптимізоване TWT	Середнє, залежить від кількості вузлів	Низьке для більшості пристроїв
Сфери застосування	Швидкі мережі для офісів, підприємств	Покриття великих площ, складні приміщення	Сенсори, автоматизація, моніторинг

Виокремивши особливості сучасних технологій бездротового зв'язку наведемо можливості їх інтеграції з хмарними сервісами (Табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка можливостей інтеграції з хмарними сервісами

Параметр	Wi-Fi 6	Mesh-мережі	IoT
Особливості інтеграції	Сумісність із хмарними платформами: Wi-Fi 6 підтримує API для інтеграції з хмарними інструментами моніторингу та управління.	Особливості інтеграції: завдяки самоорганізації Mesh-мережі легко підключаються до хмарних систем для розширеного управління	IoT-пристрої, підключені до локальної мережі, передають дані до хмари для зберігання, аналізу та прийняття рішень
Переваги	Висока швидкість передачі даних дозволяє оперативно завантажувати інформацію у хмару та отримувати доступ до аналітики в реальному часі	Можливість автоматичного оновлення прошивок через хмару, централізоване адміністрування та резервування	Ефективна обробка великих масивів даних, що генеруються сенсорами, у хмарному середовищі; можливість автоматизації через сценарії

Сучасні технології бездротових мереж мають високий потенціал для інтеграції з хмарними сервісами. Wi-Fi 6 забезпечує швидкість і надійність, Mesh-мережі додають масштабованості та стійкості, а IoT-технології дозволяють автоматизувати численні процеси. Разом ці рішення створюють основу для гнучкої, ефективної та безпечної інформаційної інфраструктури підприємства.

3. Розробка моделі інтеграції бездротової мережі та хмарних сервісів

Архітектура інтегрованої системи повинна забезпечити гнучкість, надійність та ефективність взаємодії між бездротовою локальною мережею (LAN) підприємства та хмарними сервісами. Основні елементи архітектури:

- **Бездротова локальна мережа**

- Основа мережі – точка доступу (Access Point), яка підтримує сучасні стандарти зв'язку (наприклад, Wi-Fi 6).
- Мережа повинна мати динамічне управління пропускну здатністю та можливість масштабування за допомогою Mesh-технологій.

- Використання VLAN для сегментації трафіку (наприклад, окремі сегменти для IoT-пристроїв, персоналу та гостьового доступу).

- **Хмарна інфраструктура**

- Використання платформи IaaS або PaaS (наприклад, AWS, Azure, Google Cloud) для управління ресурсами та зберігання даних.

- Хмарні сервіси забезпечують централізоване управління мережею, резервне копіювання, моніторинг та масштабування.

- **Шлюз зв'язку**

- Роутер або фаєрвол, що виконує роль шлюзу між локальною мережею та хмарою.

- Підтримка VPN для захищеної передачі даних.

- Інструменти фільтрації та аналізу трафіку для забезпечення безпеки.

Розглянемо ключові показники продуктивності та безпеки. Для оцінки ефективності розробленої моделі визначаються такі показники (Рис. 1):

Продуктивність

- Пропускна здатність (Bandwidth): обсяг даних, який може передаватися між локальною мережею та хмарою за одиницю часу.
- Час відгуку (Latency): швидкість реакції мережі на запити користувачів.
- Надійність (Uptime): відсоток часу, протягом якого система працює без перебоїв.

Безпека

- Рівень захисту трафіку: частка зашифрованих даних у загальному трафіку.
- Кількість виявлених загроз: частота виявлення спроб несанкціонованого доступу або атак на мережу.
- Час на усунення загроз: середній час, необхідний для виявлення та усунення проблеми.

Ефективність адміністрування

- Тривалість налаштування: час, необхідний для додавання нового пристрою до мережі.
- Автоматизація процесів: частка процесів, що здійснюються без втручання адміністратора (резервне копіювання, моніторинг).

Рис. 1. Показники ефективності моделі

Наведемо основні алгоритми взаємодії локальної бездротової мережі та хмарних інструментів (Рис. 2).

Розроблена модель забезпечує ефективну взаємодію бездротових мереж із хмарними сервісами, що дозволяє підвищити гнучкість і продуктивність інформаційної інфраструктури підприємства, зберігаючи високий рівень безпеки та оптимізуючи адміністрування.

4. Забезпечення безпеки та захисту даних

Для захисту інтегрованої системи необхідно використовувати багаторівневий підхід із залученням сучасних технологій безпеки (Рис. 3). Інтеграція бездротових мереж і хмарних сервісів створює нові вектори атак, які слід враховувати для забезпечення безпеки (Рис. 4).

Запропоновані рішення та політики забезпечують високий рівень захисту інтегрованої системи, мінімізують ризики кіберзагроз і гарантують збереження конфіденційності та доступності даних. Реалізація цих заходів сприятиме стабільній роботі як бездротової мережі, так і хмарної інфраструктури, адаптованої до сучасних викликів у сфері кібербезпеки.

<p>Алгоритм автентифікації та авторизації</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Підключення користувача до бездротової мережі активує процес перевірки автентифікації через хмарний сервер (наприклад, SSO через Azure Active Directory). • Авторизація здійснюється відповідно до заданих політик безпеки (наприклад, різні рівні доступу до ресурсів залежно від профілю користувача).
<p>Алгоритм моніторингу та управління</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Периферійні пристрої (точки доступу, IoT-девайси) регулярно передають дані про стан і використання ресурсів у хмарний центр моніторингу. • Хмарні сервіси аналізують трафік у реальному часі, виявляючи аномалії або можливі загрози.
<p>Алгоритм резервного копіювання</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Дані локальної мережі автоматично копіюються у хмарне середовище згідно з заданим графіком. • У разі збою локального обладнання дані та налаштування можуть бути відновлені з хмари.
<p>Алгоритм масштабування</p>	<ul style="list-style-type: none"> • При збільшенні навантаження на мережу (зростання кількості користувачів або трафіку) хмарні сервіси автоматично збільшують ресурси (наприклад, підключення нових віртуальних серверів для обробки даних).

Рис. 2. Алгоритми взаємодії локальної бездротової мережі та хмарних інструментів

<p>VPN (Віртуальні приватні мережі)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Використання VPN для шифрування трафіку між користувачами бездротової мережі та хмарними сервісами. • Налаштування протоколів, таких як OpenVPN або IPsec, для забезпечення високого рівня безпеки.
<p>Шифрування даних</p> <ul style="list-style-type: none"> • Використання протоколу WPA3 для захисту даних у бездротовій мережі. • Зашифроване зберігання даних у хмарі за допомогою алгоритмів AES-256.
<p>Сервіси захисту від DDoS-атак</p> <ul style="list-style-type: none"> • Використання хмарних сервісів із вбудованими захистами від DDoS-атак (наприклад, AWS Shield, Azure DDoS Protection). • Інтеграція фаєрволів додатків (WAF) для аналізу та блокування небезпечного трафіку.
<p>Системи багатофакторної автентифікації (MFA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Впровадження MFA для доступу до хмарних сервісів та адміністративних панелей бездротової мережі. • Використання біометричних даних, токенів або OTP (одноразових паролів).
<p>Моніторинг і аудит</p> <ul style="list-style-type: none"> • Налаштування системи моніторингу трафіку для виявлення аномалій у реальному часі. • Регулярне проведення аудиту безпеки як хмарної інфраструктури, так і бездротових мереж.

Рис. 3. Запропоновані рішення для захисту даних

Загрози для бездротових мереж

- Перехоплення трафіку (Eavesdropping): хакери можуть перехоплювати незашифровані дані, передані через бездротову мережу.
- Атаки типу Man-in-the-Middle (MitM): зловмисник може втручатися у передачу даних між пристроями та підмінювати їх.

Загрози для хмарних сервісів

- Неавторизований доступ: використання слабких паролів або недостатньо захищеної автентифікації.
- DDoS-атаки: перевантаження хмарного сервісу великою кількістю запитів з метою виведення його з ладу.
- Уразливості API: помилки в реалізації API можуть дозволити зловмисникам обійти засоби захисту.

Спільні загрози

- Втрати даних: через збій обладнання, шкідливе ПЗ або людські помилки.
- Використання шкідливих програм: впровадження вірусів через небезпечні точки доступу або хмарні інструменти.

Рис. 4. Дослідження загроз, пов'язаних з інтеграцією хмарних технологій та бездротових мереж

Сформулюємо рекомендації з впровадження політик безпеки (Рис. 5).

Політики управління доступом

- Впровадити принцип мінімальних привілеїв (Least Privilege) для доступу до ресурсів.
- Використовувати ротацію паролів і політики їхньої складності.

Політики резервного копіювання

- Створити регулярний графік резервного копіювання даних на хмарні сховища.
- Перевіряти цілісність та доступність резервних копій.

Політики оновлення систем

- Забезпечити регулярне оновлення програмного забезпечення точок доступу та хмарних сервісів для усунення уразливостей.
- Впровадити автоматизовану систему оновлень.

Навчання персоналу

- Проводити регулярні тренінги для співробітників з питань безпеки, включаючи розпізнавання фішингових атак.
- Створити чіткі інструкції щодо використання корпоративної мережі та хмарних сервісів.

Рис. 5. Рекомендації з впровадження політик безпеки

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У ході дослідження підтверджено, що інтеграція бездротових локальних мереж підприємства та хмарних сервісів є ефективним рішенням для оптимізації управління інформаційною інфраструктурою. Основні висновки:

- **Підвищення ефективності мережевої інфраструктури.** Інтеграція бездротових мереж із хмарними сервісами забезпечує гнучкість, мобільність та масштабованість мережі. Завдяки впровадженню технологій нового покоління (Wi-Fi 6, Mesh-мережі) вдалося досягти стабільної роботи навіть у складних умовах із високим навантаженням.

- **Автоматизація процесів адміністрування.** Використання хмарних платформ дозволяє централізовано керувати мережею, автоматизувати моніторинг, резервне копіювання та оновлення. Це знижує адміністративні витрати та мінімізує втручання людини у рутинні процеси.

- **Забезпечення безпеки.** Впровадження таких засобів, як багатофакторна автентифікація, шифрування трафіку (WPA3, AES-256), VPN та хмарні інструменти захисту від атак (зокрема DDoS), гарантує високий рівень захисту даних. Система виявилась стійкою до основних загроз, таких як перехоплення трафіку або несанкціонований доступ.

- **Економічна вигода.** Інтеграція дозволяє скоротити витрати на обслуговування фізичної інфраструктури, зокрема серверів, і забезпечує швидке масштабування ресурсів у разі потреби. Це робить систему привабливою для підприємств різного масштабу.

- **Гнучкість і адаптивність.** Запропонована модель є універсальною і може бути адаптована до специфічних потреб різних підприємств. Вона дозволяє інтегрувати нові пристрої та сервіси без значних витрат часу чи ресурсів.

Розглянемо перспективи подальших досліджень, які полягають в наступному:

- **Поглиблений аналіз безпеки.** Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення більш складних сценаріїв кіберзагроз, зокрема атак із використанням штучного інтелекту. Важливо дослідити можливості інтеграції системи з інструментами активного виявлення та нейтралізації загроз.

- **Оптимізація роботи IoT-пристроїв.** Зростання кількості IoT-пристроїв у бездротових мережах створює нові виклики, пов'язані з їх інтеграцією та управлінням. Перспективними є дослідження, спрямовані на покращення ефективності використання IoT у хмарних середовищах.

- **Використання штучного інтелекту.** Інтеграція алгоритмів машинного навчання для автоматизованого моніторингу, прогнозування збоїв та оптимізації мережевого трафіку може суттєво підвищити продуктивність та надійність системи.

- **Розробка моделей для різних галузей.** Модель інтеграції може бути адаптована для різних секторів, таких як охорона здоров'я, виробництво чи освіта. Це потребує створення специфічних рішень із врахуванням вимог конкретних галузей.

- **Енергоефективність.** Подальші дослідження можуть бути зосереджені на зниженні енергоспоживання системи, що стає критично важливим із огляду на екологічні вимоги та зростання вартості енергоресурсів.

- **Технології 5G та їх впровадження.** З розвитком стандарту 5G відкриваються нові можливості для інтеграції з хмарними сервісами. Подальші дослідження повинні оцінити, як використання 5G може підвищити продуктивність та мобільність мереж.

Таким чином, інтеграція бездротових локальних мереж та хмарних сервісів є перспективним напрямком, який не лише відповідає сучасним технологічним викликам, але й сприяє розвитку інформаційної інфраструктури підприємств. Дослідження у цій галузі можуть забезпечити нові рішення для підвищення ефективності, безпеки та гнучкості системи, адаптованої до динамічних потреб сучасного бізнесу.

Список використаної літератури

1. Segeč P., Moravčík M., Uratmová J., Papán J., Yeremenko O. SD-WAN – architecture, functions and benefits. *18th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, Košice, Slovenia. 2020. P. 593-599. doi: 10.1109/ICETA51985.2020.9379257.

2. Смірнова Т., Поліщук Л., Смірнов О. Дослідження хмарних технологій як сервісів. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. Т. 3. № 7. 2020. С. 43–62.

3. Поперешняк С.В., Вечерковська А.С. Дослідження розробки вимог до хмарних програм та сервісів. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. № 4 (87). 2023. С. 258-265. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.30>

4. Wang X. The Optimization of Smart Community Model Based on Advanced Network Information Technology. *IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, Chongqing, China. 2020. P. 2579-2583. doi: 10.1109/ITNEC48623.2020.9085136.

5. Popereshnyak S., Vecherkovskaya A., Zhebka V. Intrusion Detection based on an Intelligent Security System using Machine Learning Methods. *CEUR Workshop Proceedings*. 3654. 2024. P. 163–178.

6. Anakhov P., Zhebka V., Popereshnyak S., Skladannyi P., Sokolov V. Protecting Objects of Critical Information Infrastructure from Wartime Cyber Attacks by Decentralizing the Telecommunications Network. *CEUR Workshop Proceedings*. 3550. 2023. P. 240–245

7. Семіколенова С. В., Корчагін Д. С. Оцінювання інвестиційної привабливості галузі хмарних технологій. *Наукові записки НаУКМА. Економічні науки*. 8(1). 2023. С. 115–121. <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2023.8.1.115-121>

References

1. Segeč P., Moravčík M., Uratmová J., Papán J., Yeremenko O. (2020) SD-WAN – architecture, functions and benefits. *18th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, Košice, Slovenia. pp. 593-599. doi: 10.1109/ICETA51985.2020.9379257.

2. Smirnova T., Polishchuk L, Smirnov O. (2020) Doslidzhennya khmarnykh tekhnolohiy yak servisiv. [Research on cloud technologies as services.] *Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika*. no. 3(7). P. 43–62. [in Ukrainian].
3. Popereshnyak S.V., Vecherkovska A.S. (2023) Doslidzhennya rozrobky vymoh do khmarnykh prohram ta servisiv. [Research on the development of requirements for cloud applications and services] *Visnyk Khersons'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu*. no (87). P. 258-265. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.30> [in Ukrainian].
4. Wang X. (2020) The Optimization of Smart Community Model Based on Advanced Network Information Technology. *IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, Chongqing, China. P. 2579-2583. doi: 10.1109/ITNEC48623.2020.9085136.
5. Popereshnyak S., Vecherkovskaya A., Zhebka V. (2024) Intrusion Detection based on an Intelligent Security System using Machine Learning Methods. *CEUR Workshop Proceedings*. 3654. P. 163–178.
6. Anakhov P., Zhebka V., Popereshnyak S., Skladannyi P., Sokolov V. (2023) Protecting Objects of Critical Information Infrastructure from Wartime Cyber Attacks by Decentralizing the Telecommunications Network. *CEUR Workshop Proceedings*. 3550. P. 240–245
7. Syemikolenova S. V., Korchahin D. S. (2023) Otsynuyvannya investytsiynoyi pryvablyvosti haluzi khmarnykh tekhnolohiy. [Assessment of the investment attractiveness of the cloud technology industry] *Naukovi zapysky NaUKMA. Ekonomichni nauky*. no 8(1). P. 115–121. <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2023.8.1.115-121> [in Ukrainian].