

УДК 004.8+65.05+681.5

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.051621

В. В. ВИШНІВСЬКИЙ, доктор техн. наук, професор;

Ю. І. КАТКОВ, канд. техн. наук, доцент;

Ю. В. КАРГАПОЛОВ, ст. викладач;

Ю. В. БЕРЕЗОВСЬКА, аспірантка;

С. О. БЛАГОДИР, студент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ШЛЯХОМ УПРОВАДЖЕННЯ IEEE 802.11ax

Запропоновано один із методів підвищення ефективності інформаційної системи, яка здатна надавати хмарні послуги. Тема є актуальною, адже з плином часу дедалі більше користувачів переходять або планують перехід до хмарних послуг. Для розгляду методів підвищення ефективності інформаційної системи виконується аналіз економії коштів та ресурсів користувача, шляхів створення можливості віддаленого доступу до сервісів, методів отримання можливості застосування певного рівня абстракції окремих служб із метою відповідності цих сервісів різноманітним потребам користувачів. Ставиться завдання щодо дослідження методів підвищення ефективності застосування хмарних сервісів упровадженням технології IEEE 802.11ax та визначенням напрямків і перспектив її використання. Для досягнення мети послуговуються емпіричними методами під час аналізу сервісів, визначаються ознаки для їхньої класифікації, а саме: сервіс зберігання або резервного копіювання даних; On-line office; On-line accounting; спеціалізовані інтернет-додатки; закриті приватні хмари для керування робочими групами та взаємовідносинами з клієнтами; комбінаційні сервіси; прикладні хмарні послуги. Визначено переваги хмарних сервісів: масштабованість, гнучкість, актуальність, легкість доступу. Досліджено архітектуру хмарних обчислень фронтенд та бекенд, що уможливорює формування вимог до телекомунікаційних засобів доступу щодо здатності забезпечувати хмарні сервіси, а саме: гарну якість підімкнення в місцях із високою щільністю користувачів; створення Wi-Fi мережі з високою пропускну здатністю та низькою затримкою; підтримання попередніх версій пристроїв Wi-Fi, що їх підтримують; розширення використання в IoT-мережах; застосування Wi-Fi інфраструктури в цільових ринках; створення додатків для IoT із використанням технології та керування параметром цільового часу активізації (Target-Wakeup Time); застосування для створення віртуальної реальності (Virtual reality, VR), доповненої реальності (Augmented reality, AR) та забезпечення відеоконтенту в режимі Ultra HD; застосування в real-time додатках значної економії електроенергії в підімкненому пристрою. Здійснено аналіз технологій Wi-Fi, які здатні виконувати зазначені вимоги. Зроблено висновок, що це можливе під час застосування стандарту IEEE 802.11ax.

Ключові слова: хмарні сервіси; стандарти Wi-Fi; вимоги сервісів до стандартів IEEE 802.11.

Вступ

Розглядається один із методів підвищення ефективності інформаційної системи, яка здатна надавати хмарні послуги. Тема є актуальною, адже з плином часу дедалі більше користувачів переходять чи планують перехід до хмарних послуг. Для дослідження методів підвищення ефективності такої інформаційної системи спочатку розглянемо такі відомі поняття: інформаційну систему, хмарну послугу або сервіс, хмарні обчислення, хмарні технології.

Інформаційна система (Information system, IS) — це комунікаційна система, що забезпечує збирання, пошук, оброблення та пересилання інформації [1]. У [2] визначається, що IS є автоматизованою організаційно-технічною системою, яка реалізує технології оброблення інформації з використанням технічних і програмних засобів. Інформаційні системи забезпечують такі види взаємодії [3; 4]: взаємодію між окремими комп'ютерами; інтерактивну взаємодію віддалених комп'ютерів

з IS, коли документи обробляються автоматично; контрольоване оброблення інформації, коли процес оброблення документа здійснюється в обумовленому форматі; обов'язковий контроль на приймальному боці; автоматизований процес приймання та оброблення електронних документів в обумовленому форматі. Тобто IS являє собою організовану відповідним чином сукупність технічних засобів для оброблення інформації (передавання, зберігання, оброблення) з метою забезпечення хмарних сервісів для користувачів.

Хмарна послуга або сервіс — це процес задоволення потреб користувачів за допомогою IS, яка надає можливість взаємодіяти суб'єктам, котрі беруть участь у транзакції або будь-якому процесі і/або виконують завдання у хмарі за допомогою хмарних обчислень або хмарних технологій.

Хмарні обчислення — це метод надання ресурсів для оброблення даних, які формуються засобами мережі Інтернет. Доступ до цих ресурсів створює умови виконання потреб користувачів (осіб,

організацій, фірм тощо), що має назву хмарних послуг або сервісів.

Хмарні технології — це технології оброблення розосереджених цифрових даних, коли ресурси надаються інтернет-користувачам як онлайн-сервіс. Програми видають результати роботи у вікні web-браузера на локальному персональному комп'ютері.

Із визначень цих понять розуміємо, що хмарні сервіси забезпечують низку переваг, а саме: велику гнучкість у наданні, дублюванні та масштабуванні ресурсів, щоб збалансувати потреби користувачів, розміщення програм та отриманих вирішень.

Саме для здобуття цих переваг створюється ІС для надання хмарних послуг, яка складається з апаратної та програмної частин. Програмна частина охоплює сукупність програм, що забезпечують роботу додатків. До апаратної частини належить обладнання центрів оброблення даних, які створюють хмару (сервери, системи зберігання даних), та засобів доступу до цього обладнання (канали зв'язку на основі телекомунікаційних технологій Wi-Fi, WiMAX, LTE, FTTx, MPLS тощо).

Слід зазначити, що технологія Wi-Fi ідеально підходить для розгортання безпроводової мережі доступу на невеликих площах для підімкнення до мережі Інтернет (до 100 м). Технології WiMAX або LTE також передбачають організацію доступу, але на великих дистанціях (до 1-5 км), надаючи у такий спосіб доступ до житлових будинків, до інфраструктури населених пунктів, транспорту тощо. Технології FTTx, MPLS передбачають організацію магістральних мереж.

Звідси бачимо, що створення ІС для надання хмарних послуг є необхідною умовою:

- по-перше, для економії коштів та ресурсів користувача;
- по-друге, для створення можливості віддаленого доступу до сервісів;
- по-третє, для отримання можливості застосування певного рівня абстракції певних служб із метою відповідності цих сервісів різноманітним потребам користувачів;
- по-четверте, для надання доступу до обчислювальних ресурсів із певною безпекою.

Виконання цих умов можливе завдяки підімкненню до мережі Інтернет, що на невеликих площах забезпечується за допомогою застосування лінійки технологій Wi-Fi. Тому сьогодні особливо актуальним є дослідження впровадження нової технології Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax).

Постановка завдання. *Метою статті* є дослідження методів підвищення ефективності застосування хмарних сервісів завдяки впровадженню нової технології IEEE 802.11ax і визначення прикладних напрямків та перспектив її використання.

Аналіз останніх наукових досліджень. Дослідження підвищення ефективності застосування хмарних сервісів впровадженням нової технології IEEE 802.11ax — це нова тема. Раніше в такій площині аналіз дослідження не виконувався. Розглядалися питання підвищення ефективності застосування хмарних сервісів вітчизняними та зарубіжними вченими без умов технічних можливостей технологій доступу. Але треба зауважити, що в результаті дискусій спеціалістів з інформаційних технологій було визначено моделі надання послуг за допомогою хмар, а саме [5–8]:

♦ **інфраструктура як послуга (Infrastructure as a Service — IaaS)** — це модель, яка забезпечує доступ до компонентів: серверів, процесорів та дискового простору. Ця модель орієнтована лише на ІТ компанії;

♦ **платформа як послуга (Platform as a Service — PaaS)** — це модель, яка передбачає створення й розміщення додатків на інтернет-платформах. Ця модель орієнтована на підприємства, що використовують інтернет як головне джерело сервісів;

♦ **програмне забезпечення як послуга (Software as a Service — SaaS)** — це модель, яка забезпечує використання програмного забезпечення у вигляді Web-додатка та дозволяє клієнту доступ до програмного забезпечення для самостійного керування ними. Сенс у тому, що за потреби клієнт звертається на сервер, незалежно від типу своєї операційної системи, працює з програмним забезпеченням і сплачує орендну плату тільки за користування, розмір плати залежить від обсягу задіяних програмних й апаратних можливостей. Тому основною перевагою використання цієї моделі є відсутність витрат, пов'язаних із придбанням ліцензійної програми, її встановленням і подальшим обслуговуванням.

Таким чином, пошук методів підвищення ефективності застосування хмарних сервісів через впровадження IEEE 802.11ax є актуальним і сучасним.

Основна частина

Відомо, що для використання хмарних сервісів потрібно виконання таких вимог: низька вартість (в ідеалі безкоштовно); швидкість, доступність у будь-який момент часу з будь-якої точки світу; постійне оновлення функціональності; зрозумілий інтерфейс; наявність мобільних додатків; конфіденційність і збереження значного обсягу даних. Відповідно до цих вимог наявні моделі сьогодні здатні надавати різноманітні хмарні сервіси від постачальників. Але, якщо розглядати питання, яка модель найбільш залежить від засобів доступу на невеликих площах для підімкнення до мережі Інтернет, то модель SaaS орієнтованіша на кінцевого користувача і тому потребує наявності інших

підходів щодо організації каналів доступу до цих послуг. Причина в тому, що багатосторонність — головний аспект SaaS. Дійсно, якщо проаналізувати SaaS-додатки, то можна виокремити кілька груп.

1. *Сервіс зберігання (резервного копіювання даних)*. Така хмарна послуга зручна для пересічного користувача, наприклад 4shared, Dropbox, диски Google та Yandex, український UTOO.

2. *On-line office* — набір хмарного офісного пакета, до якого належать: текстовий редактор, електронні таблиці, програми для розроблення презентацій, проста система керування базами даних та планування задач, наприклад Google Docs, Google Apps, Офіс 365 від Microsoft, Feng Office Community Edition тощо.

3. *On-line accounting (онлайн-облік)* — набір хмарного інструментарію для ведення класичного бухгалтерського обліку, наприклад 1С та ін.

4. *Спеціалізовані інтернет-додатки* — набір хмарних сервісів у вигляді спеціалізованих програм оброблення зображень, керування проектами, прогнозування, розроблення бізнес-планів, фінансового аналізу тощо.

5. *Закриті приватні хмари для керування робочими групами та взаємовідносинами з клієнтами*. Приватні «хмари» передбачають авторизацію під час входу й відповідну можливість запрошення «гостей» із наданням їм прав доступу до конфіденційної інформації.

6. *Комбінаційні сервіси* — хмарні сервіси, що поєднують кілька сервісів в одній системі, спрощуючи керування інформацією.

7. *Прикладні хмарні послуги*. Деякі прикладні хмарні SaaS послуги, доступні для споживача хмарних послуг, наведено далі:

- сервіси, що підвищують продуктивність офісу — це прикладні програми для електронної пошти, оброблення текстів, таблиць, презентацій тощо;

- білінг — це прикладні сервіси для керування рахунками споживача, базуючись на використанні та підписках на продукти чи послуги;

- CRM (*Customer Relationship Management* — керування відносинами з клієнтами) — це програми CRM від прикладних програм Call-центру до автоматизації просування продажів;

- співпраця — це інструменти, які дають можливість користувачам згуртуватися в робочі групи всередині або навколо організацій;

- керування контентом — це послуги для керування створенням та доступом до контенту для веб-додатків;

- керування документами — це прикладні програми для керування документами, покращення документообігу, надання робочого середовища для груп або організацій з метою пошуку та доступу до документів;

- фінанси — це прикладні програми для керування фінансовими процесами, починаючи від оброблення витрат та виставлення рахунків і закінчуючи керуванням податками;

- керування персоналом — це програмне забезпечення для функцій керування персоналом всередині компаній;

- продажі — це прикладні програми, що спеціально розроблено для функцій продажу, таких як ціноутворення, нарахування комісій тощо;

- соціальні мережі — це програмне забезпечення соціальних мереж, яке встановлює та підтримує зв'язок між користувачами, пов'язаними одним або більше типами взаємозв'язків;

- ERP (планування ресурсів організації) — це інтегровані комп'ютерні системи для керування внутрішніми та зовнішніми ресурсами, зокрема основними засобами, фінансовими ресурсами, матеріалами та людськими ресурсами.

Наведені прикладні хмарні SaaS послуги, які доступні для споживача хмарних послуг, мають такі переваги програмного забезпечення SaaS: *масштабованість* — послуга програмного забезпечення як сервісу (SaaS) дуже масштабована і надає клієнтам різні функції відповідно до їх запити; *гнучкість* — SaaS виключає вартість придбання, а це допомагає знизити витрати, клієнт може припинити користуватися послугою, і вартість буде обмежено; *актуальність* — із новими оновленнями SaaS поступово вдосконалюється, що, у свою чергу, зменшує навантаження персоналу та забезпечує кращу послугу; *легкість доступу* — додаток SaaS може отримати доступ за допомогою інтернету з будь-якого місця, що робить його гнучким для клієнтів і легко доступним.

Але існують і недоліки програмного забезпечення SaaS як послуги: *попит на підімкнення* — SaaS повністю залежить від інтернету, і якщо у вас немає доступу до мережі, ви втратите доступ до свого програмного забезпечення або даних; *продуктивність* — швидкість SaaS може змінюватись на обладнанні замовника, тому його ціна, враховуючи продуктивність, залежить від вашого програмного забезпечення, яке не розміщується на локальній машині; *керування* — керування на обладнанні замовника може слугувати краще порівняно з розміщеним керуванням, де менеджмент є третьою стороною, зазвичай усі мають використовувати найновішу версію програмного забезпечення та не можуть відкласти оновлення чи зміни в параметрах; *міркування щодо безпеки та знань* — конфіденційність даних та керування доступом може стати головною проблемою навколо хмарних та розміщених служб; *обмежена кількість застосувань* — функції додатків обмежені, для хмарного постачальника важко надати кожен програму, тому можливе надання програм, в яких відсутні деякі функції.

Отже, після проведеного аналізу доходимо висновку, що будь-яка послуга допомагає клієнту, надаючи сервіс через мережу Інтернет, як правило, за допомогою технологій Wi-Fi. Для визначення вимог до телекомунікаційних технологій Wi-Fi розглянемо архітектуру хмари.

Уся архітектура хмарних обчислень має можливість забезпечувати більшу пропускну здатність, але для цього потрібно, щоб користувачі отримували доступ до хмари в будь-який час. Архітектура хмари чітко відбиває вбудовані в неї компоненти, тому зазвичай складається з таких двох частин як фронтенд та бекенд.

Фронтенд — це частина (клієнтська частина хмарних обчислень), яку використовує користувач відповідно до своїх вимог. Складається з додатків та інтерфейсів, які допомагають отримати доступ до хмарних обчислень, наприклад браузер або додаток.

Бекенд — це частина, якою керує хост (виділені ресурси на центрах оброблення даних). Бекенд має великі сховища даних, віртуальні машини, систему безпеки та сервери. Бекенд займається керуванням трафіком разом із керуванням безпекою. До бекенд, як частини архітектури хмарних обчислень, також належать: гіпервізор, програмне забезпечення для керування, програмне забезпечення для розгортання, хмарний сервер, сховища даних у засобах зберігання хмари, маршрут зв'язку. Розглянемо ці поняття стосовно визначення вимог до засобів доступу.

Гіпервізор — це монітор віртуальної машини. Він складається з програмного забезпечення, апаратного забезпечення та вбудованого програмного забезпечення, яке створює та запускає віртуальні машини. Гіпервізор надає користувачеві платформу, відому як віртуальна операційна платформа. Це дає можливість керувати операційною системою гостя для використання хмари. Вимагає високі швидкості до засобів доступу та малу затримку сигналів керування в лініях зв'язку.

Програмне забезпечення для керування. Програмне забезпечення для керування охоплює різні плани і стратегії, які сприяють підвищенню продуктивності хмари. Програмне забезпечення для керування має забезпечувати множину функцій, таких як своєчасне доставляння даних у сховища, належну безпеку, постійний доступ до процесорів та інших засобів. Це одна з важливих частин архітектури хмарних обчислень, яка залежить від пропускну здатності та надійності каналів доступу.

Програмне забезпечення для розгортання. Хмарне розгортання означає ініціювання роботи додатків SaaS, PaaS та IaaS. Це ініціює вирішення, до яких можуть отримати доступ користувачі або клієнти. Це розгортання складається з усіх

обов'язкових установок та конфігурацій хмари. Воно з'являється з бекенду та реалізується до того, як відбувається резервування. Потребує високих швидкостей до засобів доступу та малої затримки сигналів керування в лініях зв'язку.

Хмарний сервер. Віртуальний сервер, що працює в приміщеннях хмарних обчислень. Його розроблено та розміщено на платформі хмарних обчислень через телекомунікаційну мережу Інтернет. До нього можна отримати доступ із будь-якого місця за допомогою високошвидкісних каналів. Хмарні сервери стабільні, швидкі та захищені. Вони уникають апаратних проблем, що спостерігаються на фізичних серверах. Хмарні сервери мають все необхідне для роботи програмного забезпечення і можуть працювати як незалежні підрозділи. Але їхня продуктивність залежить від пропускну здатності та надійності каналів доступу.

Сховища даних у засобах зберігання хмари. Служба хмарного зберігання даних, побудована для створення додатків, служб та організацій, що мають доступ до можливостей зберігання за межами сайтів, які можуть надаватися миттєво, є універсальними для автоматичного масштабування під час виконання та є доступними в усьому світі. Модель служби інфраструктури як сервісу (IaaS) забезпечує масштабовану, гнучку та надлишкову здатність зберігання за допомогою інтерфейсу API сервісів, онлайн-інтерфейсів та клієнтських додатків. Хмарне зберігання також вигідно користувачеві, оскільки воно надає віддалений доступ за допомогою високошвидкісних телекомунікаційних засобів інтернету. Інформацію про хмару часто зберігають, змінюють та отримують із віддаленого сервера хмарного зберігання через інтернет під моделлю обчислювальних програм.

Маршрут зв'язку. Важлива частина архітектури хмарних обчислень, завдяки якій під'єднується вся хмара. Швидкість передавання залежить від мережі Інтернет-з'єднання. Існує безліч хмарних серверів, які під'єднуються за допомогою цього віртуального маршруту. Це також надає можливість користувачеві налаштувати маршрут та протокол.

Отже, виконаний аналіз бекенду дозволяє стверджувати, що застосування хмар зумовлює значне зростання ролі різноманітного контенту і вимагає різноманітність додатків, які потребують усе більше трафіку та ресурсів не тільки телефону, а й віддалених серверів, формують нові вимоги до швидкості.

З огляду на особливості різноманітних хмарних додатків та сервісів постає можливість сформулювати вимоги до телекомунікаційних засобів доступу, які мають забезпечувати: гарну якість підімкнення в місцях із високою щільністю користувачів,

коли їхня кількість на точку доступу збільшується, що посилює інтерференцію; створення Wi-Fi мережі з високою пропускну здатністю та низькою затримкою; підтримання попередніх версій пристроїв Wi-Fi, що їх застосовують; розширення застосування в IoT-мережах через використання інфраструктури, яка вже працює, комутаційного обладнання мережі PoE; застосування Wi-Fi інфраструктури в цільових ринках (підприємства/організації, заводи, торгівельні/офісні центри, сегмент сфери послуг і канал збуту товарів із безпосереднім споживанням товару в місці продажу (HoReCa), житлові комплекси); створення додатків для IoT з використанням технології та керування параметром цільового часу активізації (Target-Wakeup Time), що дає змогу пристрою домовлятися і вирішувати, коли активуватися або приймати дані, а також дозволяє пристрою активуватися в інші моменти періоду часу відповідно до сигналів передавання маяка; застосування для створення віртуальної реальності (Virtual reality, VR), тобто створення комп'ютером світу, доступ до якого можна отримати за допомогою імерсійних пристроїв — шоломів, рукавичок, навушників та ін.; застосування для створення доповненої реальності (Augmented reality, AR), тобто створення «розширеної реальності» як технології, що доповнює реальний світ, додаючи будь-які сенсорні дані; застосування для забезпечення відеоконтенту в режимі Ultra HD; застосування в real-time додатках для систем реального часу, які мають реагувати в рамках необхідних тимчасових обмежень на події в зовнішньому середовищі. Інакше кажучи, оброблення інформації такою системою має здійснюватися за певний проміжок часу, щоб підтримувати постійну і своєчасну взаємодію із зовнішнім середовищем, природно, що масштаб часу системи, який контролює, і середовище, яке контролюється, мають збігатися; значної економії електроенергії у підімкненого пристрою.

Для задоволення наведених вимог до засобів доступу для створення можливості доступу до хмарних сервісів було виконано аналіз лінійки стандартів зв'язку IEEE 802.11. IEEE 802.11 — набір стандартів зв'язку для комунікації через безпроводову локальну мережну зону частотних діапазонів 0,9; 2,4; 3,6; 5 і 60 ГГц [9].

Відомо, що спочатку стандарт IEEE 802.11 припускав можливість передавання даних по радіоканалу на швидкості не більш як 1 Мбіт/с і, опціонально, на швидкості 2 Мбіт/с. Один із перших високошвидкісних стандартів безпроводових мереж — IEEE 802.11a — визначає швидкість передавання вже до 54 Мбіт/с. Робочий діапазон стандарту — 5 ГГц. Потім прийнятий 1999 року стандарт IEEE 802.11b не став продовженням стандарту 802.11a, оскільки в них використову-

ються різні технології: DSSS (поліпшена версія HR-DSSS) в 802.11b проти OFDM в 802.11a. Стандарт передбачає використання неліцензованого діапазону частот 2,4 ГГц. Стандарт IEEE 802.11b забезпечує швидкість з'єднання до 11 Мбіт/с. Продукти стандарту IEEE 802.11b, що поставляються різними виробниками, тестуються на сумісність і сертифікуються організацією Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), яка нині більш відома під назвою Wi-Fi Alliance. Довгий час IEEE 802.11b був поширеним стандартом, на базі якого було побудовано більшість безпроводових локальних мереж. На основі стандарту IEEE 802.11b було розроблено низку стандартів, які враховували особливості місця застосування, а саме: 802.11c — процедури операцій із мостами; 802.11d — інтернаціональні роумінгові розширення (2001); 802.11e — поліпшення: QoS, пакетний режим (packet bursting) (2005); 802.11f — Inter-Access Point Protocol (2003). Але в 2003 році провідним стандартом стає стандарт IEEE 802.11g. Цей стандарт передбачає використання діапазону частот 2,4 ГГц, забезпечуючи швидкість з'єднання до 54 Мбіт/с і гарантуючи сумісність зі стандартом 802.11b. Зворотна сумісність стандарту IEEE 802.11g може бути реалізована в режимі модуляції DSSS, і тоді швидкість з'єднання буде обмежена 11 Мбіт/с або в режимі модуляції OFDM, при якому швидкість може досягати 54 Мбіт/с [10; 11].

Стандарти IEEE 802.11, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g працюють у смузі радіочастот 2400...2483,5 МГц з допустимою потужністю випромінювання передавача не більш ніж 100 мВт, у тому числі вбудоване або входить до складу інших пристроїв. Основними недоліками цих стандартів є технологічні обмеження: смуга пропускання каналу 20 або 40 МГц, максимальна швидкість тільки 54 Мбіт/с, кількість каналів у смузі радіочастот 2400...2483,5 МГц усього 14. Природно, що такі технологічні параметри не можуть забезпечити більшість названих раніше вимог. Тому ці стандарти не підходять для чималої кількості нових хмарних сервісів.

Для усунення цих недоліків було розроблено нові високошвидкісні стандарти IEEE 802.11n (Wi-Fi 4 по Wi-Fi Alliance), IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5), IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6 по Wi-Fi Alliance), IEEE 802.11be (Wi-Fi 7 по Wi-Fi Alliance), які сьогодні поступово займають місце старих стандартів IEEE 802.11(a,b,g).

Стандарт IEEE 802.11n (Wi-Fi 4) — це стандарт безпроводової мережі, в якому для збільшення швидкості передавання даних використовується технологія Multiple-Input and Multiple-Output (MIMO) — кілька антен. Метою стандарту є підвищення пропускну здатності мережі порівняно

зі стандартами 802.11a та 802.11g завдяки збільшенню швидкості передавання даних до 72 Мбіт/с у смузі 20 МГц з одним просторовим потоком і при ширині каналу 40 МГц — до 600 Мбіт/с з використанням чотирьох просторових потоків. Стандарт 802.11n працює як у діапазоні 2,4 ГГц, так і в діапазоні 5 ГГц. Підтримання діапазонів 5 ГГц не є обов'язковим. Забезпечує високу загальну швидкість передавання під час застосування кодів із виправленням помилок. У цьому стандарті реалізовано стандартизоване підтримання кількох входів і виходів, агрегацію кадрів і поліпшень безпеки (серед інших функцій) і можливість використання в діапазонах частот 2,4 або 5 ГГц; здійснено підтримання MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output); використано технологію MIMO-OFDM (мультиплексування з ортогональним частотним поділом каналів) для збільшення швидкості передавання даних зі збереженням того самого спектра, що і 802.11a; внесено поправки, які регулюють методи передавання по безпроводовій мережі для забезпечення безпроводового зв'язку в будинках і на підприємствах [12].

Стандарт IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5) — це стандарт, що забезпечує високопродуктивні безпроводові локальні мережі (WLAN) у діапазоні 5 ГГц. Стандарт було розроблено в IEEE Standards Association, затверджено PAR 2008-09-26 2013 року та опубліковано у грудні 2013 року як стандарт ANSI 2013-12-11. Стандартом передбачено пропускну здатність для кількох станцій не менш ніж 1 Гбіт/с з пропускну здатністю для одного каналу не менш як 500 Мбіт/с (0,5 Гбіт/с). Це досягається завдяки розширенню концепцій радіоінтерфейсу, охоплених 802.11n: більш широка смуга пропускання RF (до 160 МГц), більше просторових потоків MIMO (до восьми), розрахований на багато користувачів MIMO спадного каналу (до чотирьох клієнтів) і високий рівень модуляції щільності (до 256 QAM) [11].

На основі стандарту IEEE 802.11ac було розроблено поправки, які дістали назву як стандарти IEEE 802.11ad, IEEE 802.11af, IEEE 802.11ah з огляду на особливості застосування [13].

Поправка-стандарт IEEE 802.11ad (WiGig) — це поправка, яка визначає новий фізичний рівень для мереж 802.11 для роботи в діапазоні міліметрових хвиль 60 ГГц. Характеристики поширення в цій смузі частот істотно відрізняються від смуг частот 2,4 і 5 ГГц, в яких працюють мережі Wi-Fi. Пікова швидкість передавання 802.11ad становить 7 Гбіт/с для зв'язку на короткі відстані (близько 1-10 метрів) [14].

Поправка-стандарт IEEE 802.11af («White-Fi» і «Super Wi-Fi») — це поправка, яка дає можливість працювати WLAN у спектрі білого простору ТВ у діапазонах VHF і UHF між 54 і 790 МГц.

Він використовує технологію когнітивного радіо для передавання на невикористовуваних телеканалах, при цьому стандарт вживає заходів щодо обмеження завад для основних користувачів, таких як аналогове телебачення, цифрове телебачення і безпроводові мікрофони. Точки доступу і станції визначають своє місце розташування за допомогою супутникової системи позиціонування GPS і використовують інтернет для запиту бази даних геолокації (GDB), наданої регіональним регулюючим органом, щоб дізнатися, які частотні канали доступні для використання в даний час і в заданому положенні. Фізичний рівень використовує OFDM і заснований на 802.11ac. Втрати на трасі поширення, а також загасання такими матеріалами, як цегла і бетон, нижчі в діапазонах УВЧ і НВЧ, ніж у діапазонах 2,4 і 5 ГГц, що збільшує можливий діапазон. Частотні канали мають ширину від 6 до 8 МГц залежно від нормативного діапазону. Можна з'єднати до чотирьох каналів в один або два суміжних блоки. Робота MIMO можлива з використанням до чотирьох потоків, застосованих або для роботи з просторово-тимчасовим блоковим кодом (STBC), або для багатокористувацької операції (MU). Досяжна швидкість передавання даних на просторовий потік становить 26,7 Мбіт/с для каналів 6 і 7 МГц і 35,6 Мбіт/с для каналів 8 МГц. З чотирма просторовими потоками та чотирма пов'язаними каналами максимальна швидкість передавання даних досягає 426,7 Мбіт/с для каналів 6 і 7 МГц і 568,9 Мбіт/с для каналів 8 МГц. Також є IEEE 802.11-2016, відомий як IEEE 802.11 REVmc, являє собою перегляд, заснований на IEEE 802.11-2012, що включає п'ять поправок (11ae, 11aa, 11ad, 11ac, 11af). Крім того, наявні функції MAC і PHY було покращено, а застарілі функції було видалено або позначено для видалення. Нумерація деяких положень статей стандарту та додатків було змінено.

Поправка-стандарт IEEE 802.11ah — це поправка, яка визначає систему WLAN та потребує ліцензування в діапазонах частот, нижчих за 1 ГГц. Завдяки сприятливим характеристикам поширення низькочастотних спектрів 802.11ah може забезпечити покращений діапазон передавання порівняно зі звичайними безпроводовими локальними мережами 802.11, що працюють у діапазонах 2,4 і 5 ГГц. 802.11ah може використовуватися для різних цілей, включаючи великомасштабні сенсорні мережі, точки доступу з розширеним діапазоном і відкритий Wi-Fi для розвантаження стільникового трафіку, тоді як доступна смуга пропускання вузька. Протокол передбачає, що споживання буде конкурентоспроможним з низьким енергоспоживанням Bluetooth в набагато ширшому діапазоні.

Поправка-стандарт IEEE 802.11ai — це поправка, в яку додано нові механізми для більш швидкого початкового устанавлення з'єднання.

Поправка-стандарт IEEE 802.11aj — це поправка зміни діапазону 802.11ad для використання в неліцензованому спектрі 45 ГГц, доступному в деяких регіонах світу (зокрема, в Китаї). Також відомий як Китайський міліметровий діапазон (СММВ).

Поправка-стандарт IEEE 802.11aq — це поправка, яка дасть можливість виявляти послуги до асоціації. Це розширює деякі механізми в 802.11u, які дозволяють виявляти пристрої для подальшого визначення служб, що працюють на пристрої або надаються мережею IEEE 802.11.

Стандарт IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) є наступником 802.11ac і уможливило підвищення ефективності мереж WLAN. Мета цього стандарту забезпечити в чотири рази більшу пропускну здатність 802.11ac на призначеному для користувача рівні, маючи всього на 37% вищу номінальну швидкість передавання даних на рівні PHY. У IEEE 802.11ac було введено багатокористувацький режим MU-MIMO, який являє собою метод просторового мультиплексування. MU-MIMO дозволяє точці доступу формувати промені на кожного клієнта, одночасно передаючи інформацію. Таким чином, взаємні завади між клієнтами зменшуються, а загальна пропускну здатність збільшується, оскільки кілька клієнтів можуть отримувати дані одночасно. У стандарті 802.11ax аналогічне мультиплексування вводиться в частотному діапазоні, а саме OFDMA. За допомогою цього методу кільком клієнтам призначаються різні ресурсні одиниці в доступному діапазоні. Отже, канал 80 МГц може бути розділений (функція слайсінгу) на кілька ресурсних одиниць, щоб кілька клієнтів одночасно отримували дані різних типів за одним і тим самим спектром. Щоб мати достатньо піднесучих для підтримання вимог OFDMA, необхідно в чотири рази більше піднесучих, ніж за стандартом 802.11ac.

Інакше кажучи, для каналів 20, 40, 80 і 160 МГц у стандарті 802.11ac є 64, 128, 256 і 512 піднесучих, а в стандарті 802.11ax — 256, 512, 1024 і 2048 піднесучих. Оскільки доступні смуги пропускання не змінилися, а кількість тих, що підносять, збільшилася вчетверо, рознесення піднесучих зменшується, тоді як коефіцієнт, що спричинює появу, в чотири рази більше довгих символів OFDM, а саме: для 802.11ac тривалість символу OFDM становить 3,2 мкс, а для 802.11ax — 12,8 мкс (без захисних інтервалів). Ця поправка визначає новий фізичний рівень мереж для роботи в діапазоні міліметрових хвиль 60 ГГц. Це буде розширення наявної поправки 802.11ad, яка спрямована на розширення пропускну здатності,

діапазону і варіантів використання. До основних варіантів використання належать: робота в приміщенні, зворотний зв'язок за межами дому та зв'язок на невеликій відстані. Пікова швидкість передавання 802.11ax становить 20 Гбіт/с, що досягається завдяки зв'язуванню каналів (2, 3 і 4), MIMO (до 4 потоків) і більш високі схеми модуляції. У стандарті IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) також передбачено поправки, а саме: IEEE 802.11ba Wake-up Radio (WUR), IEEE 802.11be (Extremely High Throughput (EHT)).

IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) може бути інтегрований в інфраструктуру доступу до хмарних сервісів на базі комунікаційних технологій 5G, що в свою чергу дасть змогу йому інтегруватися з майбутніми стандартами IMT-2020 (5G).

Ключовою особливістю стандарту 5G, як і стандарту IEEE 802.11ax, є властивість слайсінга. Це означає, що одна мережна сота здатна надавати різні рівні і типи послуг для різних клієнтів і пристроїв всередині соти, а отже, диференціювати і персоналізувати обслуговування абонентів мережі.

З погляду забезпечення доступу до хмарних сервісів стандарт IEEE 802.11ax долає розрив між ліцензованими і неліцензованими технологіями, відіграє важливу роль поряд з іншими технологіями малих сот в розширенні і прискоренні розгортання сценаріїв використання 5G.

Поправка-стандарт IEEE 802.11ba Wake-up Radio (WUR) — це поправка, яка забезпечує енергоефективну роботу для приймання даних без збільшення затримки. Цільове споживання активної потужності для приймання пакета WUR становить менш ніж 1 мВт і підтримує швидкість передавання даних від 62,5 до 250 кбіт/с. WUR PHY використовує режим MC-OOK (OOK з кількома несучими) для досягнення надзвичайно низького енергоспоживання.

Поправка-стандарт IEEE 802.11be (Extremely High Throughput (EHT), Wi-Fi 7) — це потенційна наступна поправка до стандарту IEEE 802.11ax з наголосом на роботу WLAN всередині та поза приміщеннями зі стаціонарною та пішохідною швидкістю в діапазонах частот 2,4; 5 і 6 ГГц.

Для визначення найбільш потрібного стандарту застосуємо такі критерії:

- **широкий ринковий потенціал:** тобто можливість широкого застосування для значної кількості користувачів і збалансованих витрат;

- **сумісність:** для сумісності потрібно збереження MAC інтерфейсу SAP, що стосується вже наявних стандартів 802.11. Новий стандарт має бути визначений у форматі та структурі, сумісний із чинними стандартами 802.11;

- **відмінна ідентичність:** кожен стандарт серії IEEE 802.11 повинен мати набір відмінностей від іншого стандарту IEEE 802.11;

• *технічна здійсненність*: кожен стандарт серії IEEE 802.11 повинен мати можливість технічної реалізації у WLAN-рішеннях;

• *економічна доцільність*: включає в себе співвідношення відомих факторів вартості, формулює вимоги розумної вартості для реалізації стандарту та оцінює загальний рівень витрат.

На основі цих критеріїв було визначено, що найбільш доцільним для застосування з метою впровадження хмарних сервісів є стандарт IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6), оскільки цей стандарт сьогодні забезпечує такі технічні характеристики: надшвидку чотирикратну пропускну здатність, високу щільність покриття з чотирикратним одночасним доступом, ультранизьку затримку в 10 мс, більш ефективну технологію модуляції, завдяки якій зростає швидкість кожного потоку на 25%, OFDMA дає змогу багатьом користувачам обмінюватися ресурсами каналів і підвищує пропускну здатність мережі в кілька разів, використовує механізм фарбування BSS для ефективного виявлення інтерференційних мультиплексних каналів частоти, покращуючи потужність усієї мережі.

Висновки

Стандарт IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) спрямовано на вирішення проблеми перевантаження та задоволення зростаючої потреби в ефективних безпроводових з'єднаннях. Він пропонує такі важливі переваги:

1. Високу швидкість. Завдяки технологіям 1024QAM і Long OFDM Symbol стандарт Wi-Fi 6 збільшує загальну швидкість до рекордного рівня 9,6 Гбіт/с — це на 40% швидше, ніж може забезпечити поточний Wi-Fi 5 (802.11 ac).

2. Велику кількість одночасних підімкнень. Основними поліпшеннями Wi-Fi 6 є зниження перевантажень і можливість підімкнення більшої кількості пристроїв до однієї мережі. Wi-Fi 6 може одночасно передавати дані на десятки пристроїв за допомогою технологій OFDMA і UL / DL MU-MIMO.

3. Малі затримки сигналу. З технологіями OFDMA і Spatial Reuse Technology роутери Wi-Fi 6 можуть одночасно доставляти кілька пакетних даних на різні пристрої без зайвого очікування. Це зменшує тимчасову затримку та підвищує ефективність усієї мережі.

4. Низький рівень споживання енергії. За допомогою технології Target Wake Time (TWT) пристрої з'єднуються один із одним тільки під час відправлення або отримання даних. Це подовжує їх час бездіяльності, що, у свою чергу, значно економить заряд батареї мобільних й IoT-пристроїв.

5. Роутери з підтриманням Wi-Fi 6 будуть краще планувати, коли пристрої мають прокидатися і запитувати інформацію. Це допоможе уникнути

конфліктів між ними і продовжити життя акумуляторів у таких предметах, як розумні замки і датчики руху.

6. Сумісність Wi-Fi 6 з чинними стандартами.

7. Старий телефон буде працювати з Wi-Fi 6, але неможливо буде отримувати всі переваги.

Перераховані переваги дають можливість дістати підвищення ефективності застосування хмарних сервісів завдяки впровадженню технології IEEE 802.11ax.

Список використаної літератури

1. ДСТУ 2392-94. Інформація та документація. Базові поняття [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1994. 25 с.

2. Закон України «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах» від 05.07.1994 № 80/94-ВР (Редакція від 19.04.2014).

3. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2010. 222 с.

4. Басюк Т. М., Жежнич П. І. Методи та засоби мультимедійних інформаційних систем: навч. посіб. Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка». 2015. 426 с.

5. Орлов С. Облачные сервисы: безопасность и надежность // Журнал сетевых решений/LAN: электрон. версія журн. 2012. № 12. URL:

<http://www.osp.ru/lan/2012/12/13033028/> (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

6. Харатишвили Д. Рынок «облачных» услуг в цифрах и фактах // Компьютер Пресс: электрон. версія журн. 2010. № 8. URL:

<http://compress.ru/article.aspx?id=21549> (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

7. Хмарні обчислення проти розподілених обчислень: сучасні перспективи / Ю. О. Бабій, В. П. Нездоровін, Є. Г. Махрова, Л. П. Луцкова // Вісник Хмельницьк. нац. ун-ту. Технічні науки. Хмельницький, 2011. № 6. С. 80–85.

8. Яковицький І. Л. Технологія «хмарних обчислень» як інструмент створення інформаційної інфраструктури управління // Комунальне господарство міст. Економічні науки. Харків, 2012. Вип. 102. С. 320–327.

9. IEEE 802.11 [Електронний ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

10. Де застосовується стандарт 802.11de. Всі існуючі стандарти Wi-Fi мереж [Електронний ресурс]. URL:

<https://drive-avtos.ru/uk/issues-and-bugs/gde-primenyetsya-standart-802-11-s-d-e-vse-sushchestvuyushchie> (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

11. **IEEE 802.11** [Електронний ресурс]. URL: https://znaimo.com.ua/IEEE_802_11.doc (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

12. **IEEE 802.11n** [Електронний ресурс]. URL: https://ru.qaz.wiki/wiki/IEEE_802.11n-2009 (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

13. **IEEE 802.11ac** [Електронний ресурс]. URL: https://ru.qaz.wiki/wiki/IEEE_802.11ac (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

14. **IEEE 802.11ad** [Електронний ресурс]. URL: https://ru.qaz.wiki/wiki/IEEE_802.11#802.11n (Дата перегляду 30 жовтня 2020 р.).

В. В. Вишневикий, Ю. І. Катков, Ю. В. Каргаполов, Ю. В. Березовская, С. А. Благодар

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ IEEE 802.11ax

Предложен один из методов повышения эффективности информационной системы, которая способна оказывать облачные услуги. Тема актуальна, ведь с течением времени все больше и больше пользователей переходят или планируют переход к облачным услугам. Для рассмотрения методов повышения эффективности информационной системы выполняется анализ экономии средств и ресурсов пользователя, путей создания возможности удаленного доступа к сервисам, методов получения возможности применения на определенном уровне абстракции отдельных служб с целью соответствия этих сервисов разнообразным потребностям пользователей. Ставится задача исследования методов повышения эффективности применения облачных сервисов путем внедрения технологии IEEE 802.11ax, а также определение направлений и перспектив ее использования. Для достижения цели применялись эмпирические методы при анализе сервисов, определялись признаки для их классификации, а именно: сервис хранения или резервного копирования данных; On-line office; On-line accounting; специализированные интернет-приложения; закрытые частные облака для управления рабочими группами и взаимоотношениями с клиентами; комбинационные сервисы; прикладные облачные услуги. Определены преимущества облачных сервисов: масштабируемость, гибкость, актуальность, легкость доступа. Исследована архитектура облачных вычислений фронтенд и бэкенд, что дает возможность сформулировать требования телекоммуникационных средств доступа относительно способности обеспечивать облачные сервисы, а именно: хорошее качество подключения в местах с высокой плотностью пользователей; создание Wi-Fi сети с высокой пропускной способностью и низкой задержкой; поддержку предыдущих версий устройств Wi-Fi; расширение применения в IoT-сетях; применение Wi-Fi инфраструктуры на целевых рынках; создание приложений для IoT с использованием технологии и управления параметром целевого времени активизации (Target-Wakeup Time); применение для создания виртуальной реальности (Virtual reality, VR), дополненной реальности (Augmented reality, AR) и для обеспечения видеоконтента в режиме Ultra HD; применение в real-time приложениях значительной экономии электроэнергии в подключенном устройстве. Выполнен анализ технологий Wi-Fi, которые способны осуществлять указанные требования. Сделан вывод, что это возможно при применении стандарта IEEE 802.11.

Ключевые слова: облачные сервисы; стандарты Wi-Fi; требования сервисов со стандартами IEEE 802.11.

V. V. Vyshnivskiy, Yu. I. Katkov, Yu. V. Kargaplov, Yu. V. Berezovska, S. O. Blagodyr

IMPROVING THE EFFICIENCY OF USING CLOUD SERVICES BY IMPLEMENTING IEEE 802.11ax

This article discusses one method for improving the efficiency of an information system that is capable of providing cloud services. The topic is relevant, because over time, more and more users are switching or planning to switch to cloud services. To consider methods for increasing the efficiency of an information system, an analysis is made of saving user funds and resources, ways of creating the possibility of remote access to services, methods of obtaining the possibility of using individual services at a certain level of abstraction in order to match these services to various user needs. The task is to study methods of increasing the efficiency of the use of cloud services by introducing IEEE 802.11ax technology and determining the directions and prospects of its use. To achieve the goal, empirical methods were used in the analysis of services, signs for their classification are determined, namely: a data storage or backup service; On-line office; On-line accounting; specialized Internet applications; closed private clouds for team management and customer relationship management; combinational services; applied cloud services. The advantages of cloud services are determined: scalability, flexibility, relevance, ease of access. Defines the cloud computing front-end and back-end architecture. This makes it possible to formulate the requirements for telecommunication access facilities to provide cloud services, as far as possible, namely: good quality of connection in places with a high density of users; creation of a Wi-Fi network with high bandwidth and low latency; support for previous versions of Wi-Fi devices; expansion of application in IoT networks; application of Wi-Fi infrastructure in target markets; creation of applications for IoT using technology and management of the parameter of the target wakeup time (Target-Wakeup Time); application for creating virtual reality (Virtual reality, VR); application to create augmented reality (AR); application for providing video content in Ultra HD mode; application in real-time applications, significant energy savings in the connected device. An analysis is performed of Wi-Fi technologies that are capable of meeting the specified requirements. It is concluded that this is possible when using the IEEE 802.11 standard.

Keywords: cloud services; Wi-Fi standards; service requirements with IEEE 802.11 standards.