

АЛГОРИТМ БІЛІНГОВОЇ СИСТЕМИ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ LTE/5G З НАДАННЯМ СЕРВІСІВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Касім Намір Хашім

кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії

Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037, nameer.qasim@icloud.com

ORCID: 0000-0002-7283-0594

Олександр Сєлюков

доктор технічних наук, професор кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії

Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037, selukov@3g.ua

ORCID: 0000-0001-7979-3434

Мирослава Власенко

інженер кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії

Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037, bee.130974@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6953-1078

Наталія Лукова-Чуйко

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Богдана Гаврилишина, 24, м. Київ, Україна, 02000, lukova@ukr.net

ORCID: 0000-0003-3224-4061

Юрій Хлапонін

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії

Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037, y.khlaponin@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9287-0817

Корпоративна інформаційна система компанії, яка надає регулярні масові послуги, має свою унікальну специфіку. Йдеться про підприємства, які надають безліч послуг, передусім інформаційні (платні довідки, доступ до мережі Інтернет ...) та телекомунікаційні послуги (стаціонарний і мобільний зв'язок, провідне мовлення, IP-телефонія, пейджинг). Фундаментом для інформаційних систем таких компаній є автоматизація основного технологічного процесу надання такої послуги, а саме: укладання договорів з клієнтами, реалізація послуг, розрахунки зі споживачами, облік реалізації послуг та платежів за сторонні послуги і т. ін. Чим більшу кількість послуг надає компанія, чим більше клієнтів вона має, тим важливішим для роботи цього підприємства є білінг.

Ключові слова: білінгова система, LTE, 5G, Інтернет речей.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Аналіз методологічних підходів до адаптації IoT до 5G свідчить про наявність протиріч, які властиві процесу проектування таких систем. З одного боку, кожен елемент IoT має свої конструктивні особливості, які пов'язані з його функціональним призначенням. З іншого боку, ці конструктивні особливості повинні відповідати можливостям мережі 5G. Тобто особливості функціонування систем IoT, що розроблюються, можуть бути класифіковані і врахо-

вані у разі розгляду загальної схеми їх побудови на загальних принципах функціонування мережі 5G.

Зв'язок за технологією 5G використовує два діапазони електромагнітних хвиль – FR1 (600–6000 МГц) та FR2 (24–100 ГГц).

Для досягнення поставлених показників роботи мереж п'ятого покоління використовуються такі технології:

– малі базові станції розв'язують проблеми, які пов'язані зі швидким згасанням міліметро-

вих хвиль, шляхом використання базових станцій з низьким енергоспоживанням, малими габаритами, які будуть портативними, що дасть можливість встановити їх тисячами на відстані 250 м одна від однієї;

- базові станції мають масиви антенних систем за технологією MIMO (Multiple Input Multiple Output), яка вже була наявна в базових станціях за технологією 4G, але за технологією 4Ge лише 8 портів для передачі та 8 для отримання даних. У базових станціях за технологією 5G таких портів уже буде сотні, що реалізовано на основі багатоелементних цифрових антенних решіток;

- технологія Beam Forming вирішує проблеми з інтерференцією хвиль через збільшення портів вводу-виведення MIMO;

- передавання даних між абонентом та базовою станцією в режимі повного дуплексу;

- підвищення спектральної ефективності на основі неортогонального множинного доступу (NOMA) та різних варіантів неортогональних за технологію методів, наприклад, N-OFDM (мультиплексування з неортогональним частотним поділом каналів), який є цифровим методом модуляції, що використовує безліч близько розташованих, неортогональних за частотою піднесучих. Як і в OFDM, кожна піднесуча модулюється за звичайною схемою модуляції (наприклад, амплітудна квадратурна модуляція).

- кодування з малою щільністю перевірок на парність (LDPC), за рахунок чого досягається відносна простота реалізації засобів кодування.

Висока якість послуг забезпечується системою якості, яка включає адміністративний і технічний складники. Адміністративний складник системи якості – це організаційна робота щодо забезпечення якості послуг, добору та навчання персоналу, створення нормальних умов праці, заохочення за досягнення високої якості послуг, аналіз підсумків роботи щодо підвищення якості послуг, маркетинг тощо. Технічний складник системи якості включає визначення характеристик якості послуг, встановлення на них норм і доведення якості послуг до нормативних показників.

Основним недоліком мобільних мереж попередніх поколінь є відсутність можливості узгодженого і гнучкого управління якістю у фіксованих IP- і мобільних мережах. Вирішення цих проблем дасть змогу досягти нового рівня якості обслуговування абонентів мереж 5G. Отже, вдосконалення механізмів управління якістю повинно зосереджуватись на трафіку відео й удосконаленні алгоритмів контролю та створенні нових

методів оцінки якості. Тому сьогодні є потреба розроблення засобів контролю якості функціонування мереж п'ятого покоління, а саме контролю якості передавання відеопотоків. В цьому полягає наукова новизна роботи.

Функції і функціональні можливості систем IoT своєчасно були враховані у разі проектування мереж стільникового зв'язку стандарту 5G. Саме різноманітність вимог до IoT і визначає проблеми управління якістю їх обслуговування. Багато досліджень показують, що 5G є ключовим драйвером IoT через його технології, які враховують різноманітність вимог IoT та пропонують варіанти вирішення проблем управління якістю обслуговування пристроїв IoT. Крім того, забезпечення надійного підключення для пристроїв IoT є завданням, пов'язаним з координацією та інтеграцією технологій, таких як гетерогенні мережі (HetNet), MIMO, міліметрові хвилі (mmWave), зв'язок між пристроями (D2D), програмно-конфігурована мережа (SDN), віртуалізація мережевих функцій (NFV).

Білінг – це поняття, що містить:

- “accounting” – «підрахунок»: збирання інформації про надані послуги;

- “charging” – «розрахунок ціни»: тарифікація наданих послуг;

- апаратні засоби, які задіяні в організації білінгу.

Білінгові системи реалізують класичну білінгову функціональність, а саме забезпечують облік:

- реалізації послуг;

- розрахунків з клієнтами та іншими постачальниками послуг.

Без автоматизації цих функцій надання будь-яких послуг на комерційній основі взагалі неможливе. Крім цих двох основних функцій, сучасна білінгова система повинна містити й інші модулі, що значно розширюють її функціональність:

- модуль бухгалтерського і податкового обліку (зокрема, видача й облік юридичним особам рахунків, актів та податкових накладних та розрахунки за податок на додану вартість);

- модуль технічного обліку (зокрема, реєстрація технічних засобів і ресурсів підприємства, якими користується той чи інший конкретний клієнт);

- модуль оперативного моніторингу послуг;

- юридична підсистема (зокрема, здійснення претензійної роботи для боротьби із боржниками);

- аналітична підсистема та інші.

Робочий екран оператора типової білінгової системи представлений на рис. 1.

БІЛІНГОВА СИСТЕМА. Схема тарифікації не складна: інформація про підключення та їх тривалості фіксується комутатором і після попередньої обробки передається у систему розрахунків. Система розрахунків у обчисленнях враховує тарифи. Вона ідентифікує підключення і виконує необхідні розрахунки, тим самим формуючи рахунок абонента. Очевидно, що пам'ять системи повинна зберігати не тільки стандарти, тарифний план та інформацію про

надану послугу, а й дані про клієнтів, укладені договори з абонентами і сторонніми постачальниками послуг зв'язку, наприклад, у роумінгу, а особливості розрахунків з дилерами, у яких можуть бути й інші тарифи, наприклад, для підключення. Крім того, будь-яка білінгова система повинна мати базу даних, в якій зберігається історія платежів, що дозволяє контролювати процес оплати рахунків і автоматизувати так звану активацію / деактивацію абонентів.

У мережі LTE/5G білінгова система підключається таким чином (рис. 2).

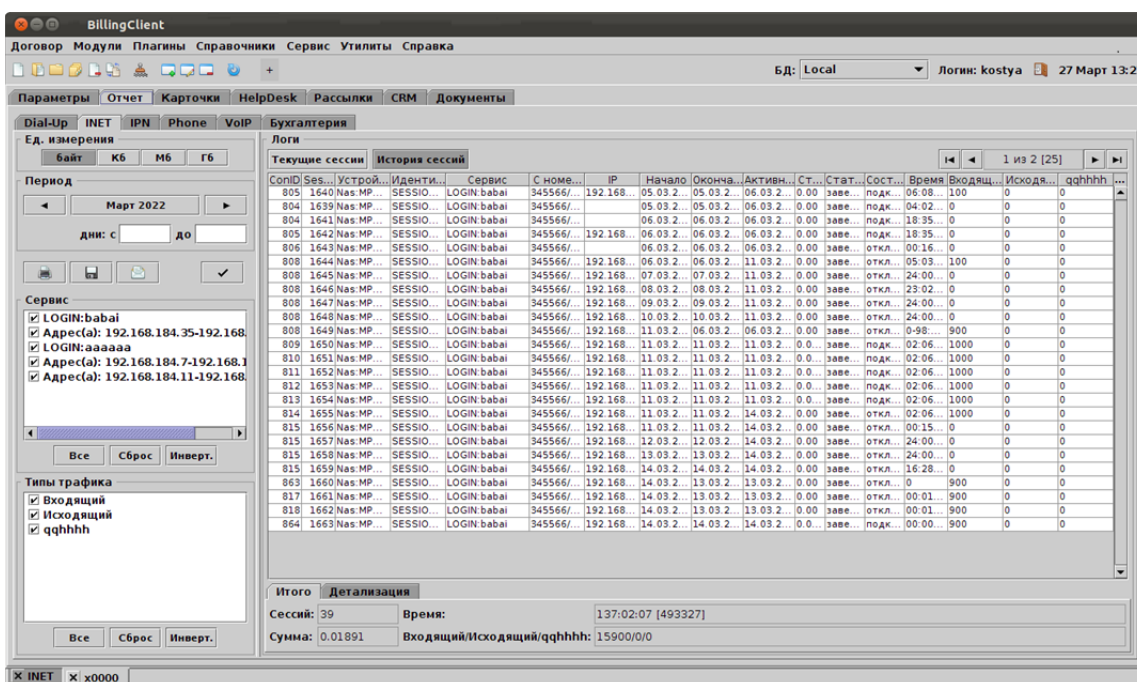


Рис. 1. Робочий екран оператора білінгової системи в режимі звіту

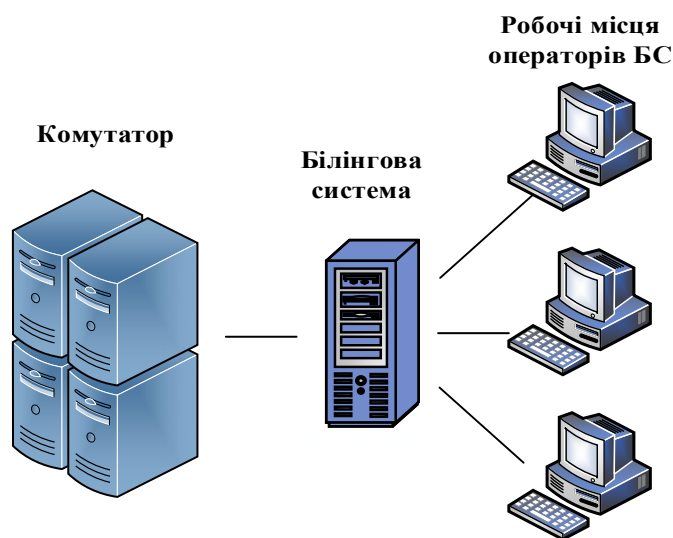


Рис. 2. Підключення білінгової системи

Будь-яка білінгова система створюється і налаштовується під бізнес-процес певного оператора зв'язку, має власний набір функцій, відповідних технологічному циклу надання послуг, і може працювати з конкретним мережевим обладнанням, яке постачає йому інформацію про дзвінки і з'єднання, тобто не є стандартною. Але є і стандартний набір функцій, які підтримувані практично всіма білінговими системами, а саме:

– операції, що виконуються на етапі попередньої обробки та аналізу вихідної інформації, наприклад, функція отримання даних про з'єднання і послуги (запити на комутатор);

– операції з управління мережевим обладнанням: активація/деактивація (блокування/розблокування) функцій абонентів і команди зміни умов абонентської підписки, що передаються безпосередньо комутатору;

– основні функції додатку системи управління базою даних, серед яких: тарифікація комутаторних записів на дзвінки та послуги; формування та редагування таблиць баз даних розрахункової системи; виставлення рахунків, їх друк; кредитний контроль рахунків, звітність, резервне копіювання.

Білінгова система повинна володіти не тільки гнучкістю, але і модульністю. Кожен елемент системи забезпечує реалізацію певної ділянки ланцюжка обслуговування клієнтів. Основними підсистемами, які характерні для виставлення рахунків, є: підсистема попередньої обробки даних про підключення, оперативне управління рахунками і підсистема оповіщення клієнтів.

Підсистема попередньої обробки (рис. 3) даних аналізує початкову інформацію про з'єднання, визначає клас послуги, що надається, і параметри трафіку (напрямок виклику, джерело, зональність, умови роумінгу). Така підсистема включає у себе декодер вихідної інформації про з'єднання. Однією з найскладніших процедур цієї підсистеми є підтримка роу-

мінгу, оскільки потрібно конвертувати записи роумінгу різних форматів з різних комутаторів з урахуванням різних стандартів передачі інформації в каналі зв'язку і різних білінгових систем у формат запису, який використовується цією білінговою системою. Програмно агрегуються всі записи з'єднань між операторами відповідно до прохідного трафіку та створюються сервісні таблиці, які використовуються іншими підсистемами для здійснення розрахунків з абонентами, взаєморозрахунків операторів зв'язку та формування звітів. Сучасні білінгові системи дозволяють обробляти різні телекомунікаційні послуги, що забезпечує зручне виставлення рахунків за принципом «один клієнт – один баланс – один рахунок». Така підсистема дає можливість автоматично або через оператора білінгової системи змінити умови підписки абонентів на комутаторі, тобто заблокувати зв'язок конкретного абонента або зняти це блокування, включити або скасувати послугу. Підсистема оповіщення клієнта є невід'ємною частиною сучасного білінгу та забезпечує оповіщення клієнтів за допомогою голосових або електронних повідомлень. Така підсистема бере інформацію для відправки повідомлень і оголошень із заздалегідь підготовлених таблиць баз даних.

У загальному вигляді білінгова система має таку структуру (рис. 4).

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ БІЛІНГОВОЇ СИСТЕМИ, ЯКА СПРОМОЖНА ОБСЛУГОВУВАТИ ПРИСТРОЇ ІОТ, ЯКІ ПІДКЛЮЧЕНІ ДО МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ LTE/5G. На рис. 5 представлений алгоритм білінгової системи, яка спроможна обслуговувати пристрої IoT, які підключені до мобільної мережі LTE/5G.

Тарифікація послуги в цьому випадку здійснюється таким чином:

У разі спроби активувати PDP Context (отримання IP-адреси IoT у мережі мобіль-

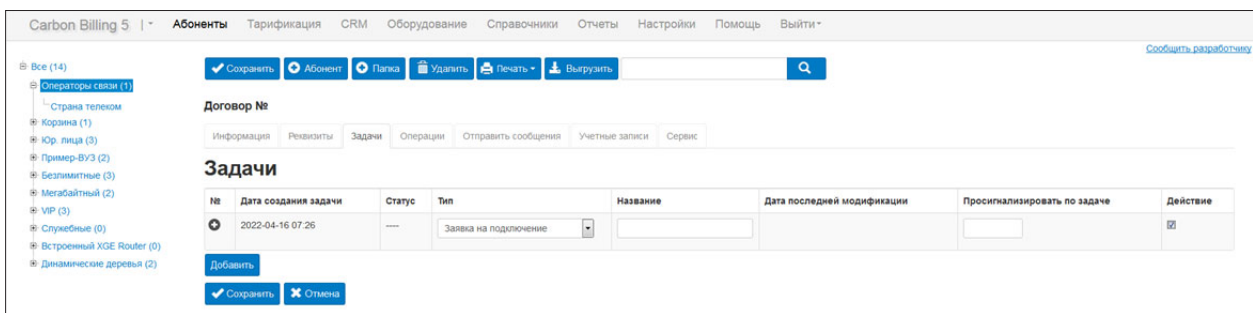


Рис. 3. Екран оператора білінгової підсистеми попередньої обробки

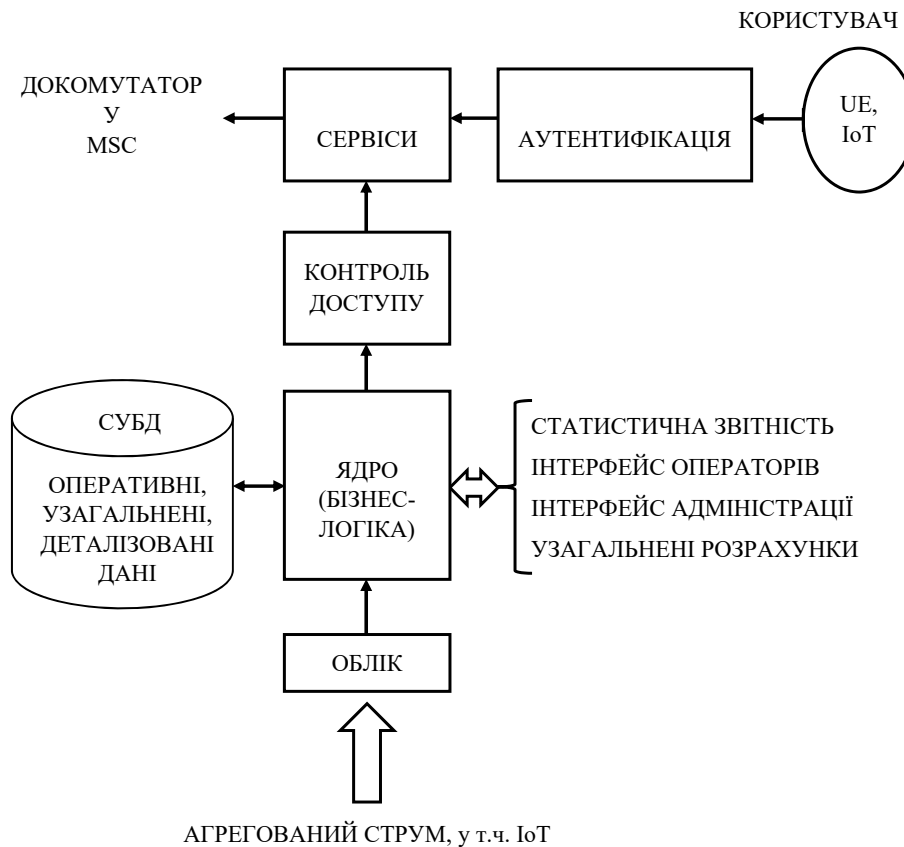


Рис. 4. Структура білінгової системи

ного оператора) GGSN (реально комутатор MSC) запитує білінгову систему чи може цей IoT активувати розрахункову сесію (CreateChargingSessionReq).

Якщо IoT має ідентифікацію у цього оператора (абонент перебуває в базі даних, кошти доступні), платформа створює білінгову сесію і дозволяє активувати PDP Context (CreateChargingSessionReq).

Щоб дозволити IoT здійснити передачу даних, GGSN отримує доступ до білінгової системи із запитом на бронювання коштів (ReserveUnitReq) на одну одиницю трафіку відповідно до укладеного договору: це може бути кількість байт даних або одне повідомлення.

Білінгова система перевіряє, чи є кошти для такого IoT відповідно до його тарифу на одну одиницю трафіку і відповідає повідомленням ReserveUnitReq («кошти заброньовані»). Приймаючи це повідомлення від білінгової системи, GGSN дозволяє IoT завантажувати трафік.

Коли IoT завантажив одну одиницю трафіку, GGSN отримує доступ до білінгової системи з повідомленням DebitUnitReq («Ви можете списати зарезервовані кошти»).

Білінгова система списує кошти і відповідає повідомленням DebitUnitResp («кошти успішно списані»).

Цикл ReserveUnitReq-DebitUnitResp повторюється до тих пір, поки IoT не завантажить весь запланований трафік і не закриє сесію.

Коли контекст PDP деактивований, GGSN надсилає повідомлення на білінгову систему про припинення платіжної сесії. Пам'ять, яка виділена для цього сеансу, звільняється. Білінгова система готова обробити наступний запит від GGSN на активацію PDP.

Практична значимість полягає в тому, що запропонований алгоритм білінгової системи дозволить забезпечити автоматизований облік і розрахунок вартості наданих послуг за обслуговування мережі IoT, облік даних про клієнтів, що отримують ці послуги, виставлення клієнтам рахунків, податкових накладних, облік нарахувань та сплати за кожним клієнтом, виявлення і облік боржників та виставлення їм претензій, облік технічних засобів.

Напрямок подальших досліджень буде пов'язаний з тим, що інфраструктура мереж 5G будуватиметься на основі хмарних технологій як у мережах

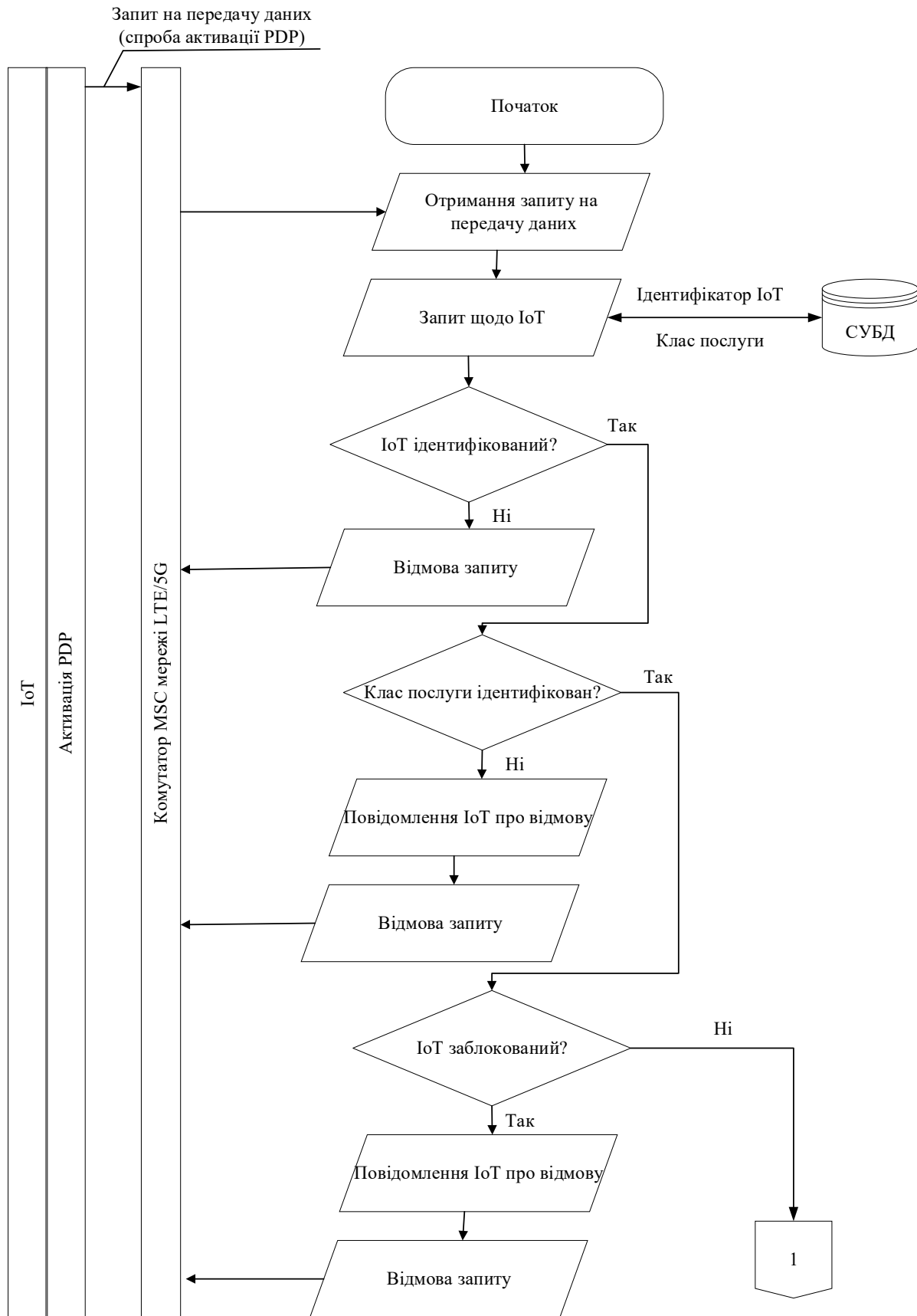


Рис. 5. Алгоритм білінгової системи

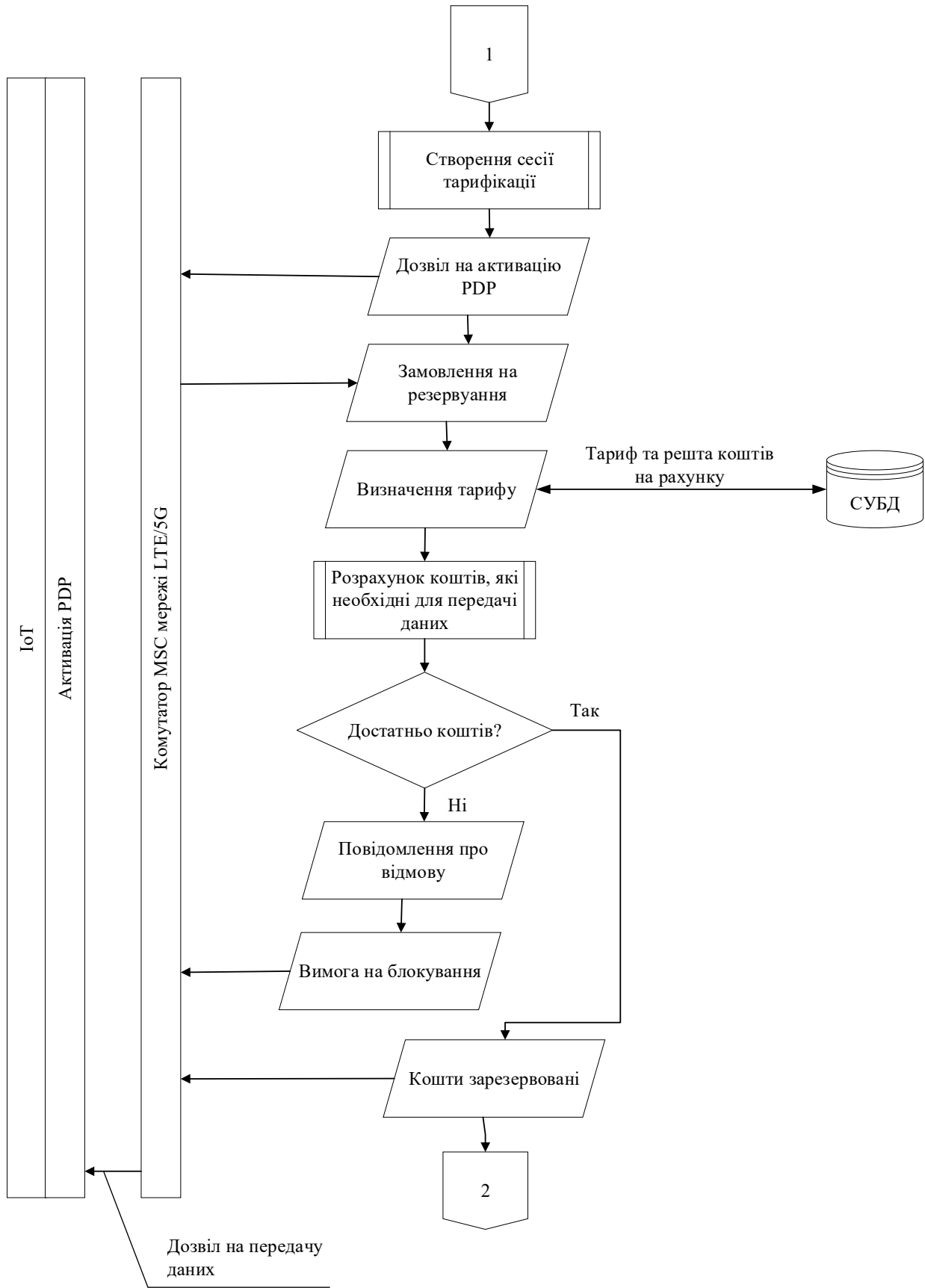


Рис. 5 (продовження). Алгоритм білінгової системи

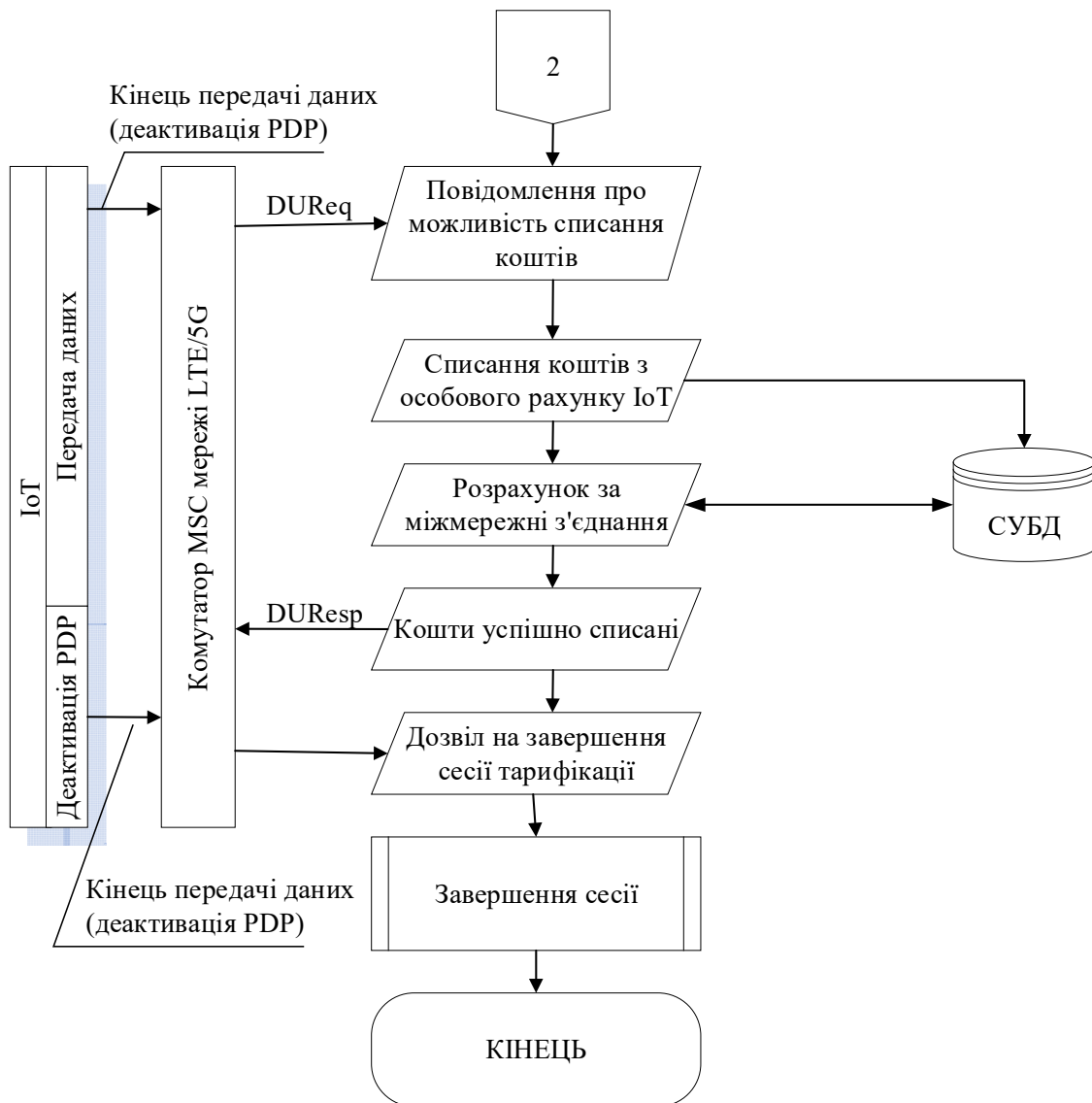


Рис. 5 (продовження). Алгоритм білінгової системи

радіодоступу (Cloud RAN) з програмно-визначеною мережею (SDR), так і в базовій мережі (Cloud CN) з програмно-визначеною інфраструктурою (SDN). Повна віртуалізація мережевих функцій (NFV), яка буде реалізована в інфраструктурі 5G, охопить контроль і управління QoS, політику обслуговування та пріоритетизації трафіку.

ВИСНОВКИ. Удосконалення типової білінгової системи, яке полягає у введенні поняття «одиниця обміну інформації», де одиницею може бути як блок інформації визначеного розміру, так і кількість таких блоків, дозволяє використовувати білінгові системи для тарифікації обслуговування ІоТ як з великим, так і з малим трафіком.

Білінгова система є важливим елементом комерційної організації, яка надає послуги мобільного зв'язку.

Білінгова система дає можливість автоматизувати ведення обліку клієнтів, їх активності та інформації з тарифів, які передбачені у пакетах послуг, за умовою збереження якості наданих послуг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов О.А. Інтернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання. Т. 1: Сфери застосування, ризики і бар'єри, проблеми правового регулювання : монографія. Київ : Вид. дім «АртЕк», 2018. 342 с.
2. Баранов О.А. Інтернет речей і рітейл. Інтернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання. Т. 1: Сфери застосування, ризики і бар'єри, проблеми правового регулювання : монографія. Київ, 2018. С. 91–93.
3. Катков Ю.І., Зінченко О.В., Березовська Ю.В., Ступник А.С. Аналіз загроз під час впровадження технології ІМТ2020/5G. *Зв'язок*. 2019. № 2. С. 3–11.

4. Гузов А.Г., Курдеча В.В. Интернет речей для управління MICROGRID. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи телекомунікацій»*, м. Київ, 15–19 квіт. 2019 р. Київ, 2019.

5. Домрачева К.О., Довженко Н.М., Дмитренко В.В. Аналіз технологій та стандартів зв'язку для мережі IoT. *Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку*. 2019. № 3. С. 54–62.

6. Журавська І.М. IoT-мережа на базі Bluetooth-модулів для автоматизованого керування споживанням енергоресурсів. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2018. № 30–31. С. 37–44.

7. Варваринець С., Правило В. Забезпечення безпеки передачі інформації в LTE. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи телекомунікацій»*. 2018.

8. Нашинець-Наумова А. Интернет речей: реалії сьогодення. *Интернет речей: проблеми правового регулювання та впровадження* : матеріали III наук.-практ. конф., м. Київ, 21 листоп. 2019 р. Київ, 2019. С. 32–35.

9. Бех І., Новак С., Хлапонін Ю. Побудова апроксимаційної функції на основі алгоритму зворотного розповсюдження помилки як методу навчання штучних нейронних мереж. *Вісник інженерної академії*. 2016. № 1. С. 198–201.

10. Хлапонін Ю.І., Жиров Г., Нікітчин О. Застосування нейронних мереж в статистичній системі ана-

лізу і моніторингу телекомунікаційних мереж. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. № 5/2(31). С. 35–41.

11. Qasim N.H., Pyliavskiy, V.V. Color temperature line: Forward and inverse transformation. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*. 2020. 23(1), p. 75–80.

12. Qasim Nameer, Volodymyr Pyliavskiy, Valentina Solodka. Development of test materials for assessment broadcasting video path. *arXiv: Image and Video Processing*. 2019:1907.11406 (Cornell University). 16 p.

13. Qasim N.H., Shevchenko Yu.P., Pyliavskiy V.V. Analysis of methods to improve energy efficiency of digital broadcasting. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2019. No. 78(16). P. 1457–1469.

14. Yurii Khlaponin, Nameer Hashim Qasim, Volodymyr Vyshniakov, Vadym Poltorak. Concept in information security technologies development in e-voting systems. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. 2021. Vol. 3, No. 9. P. 40–54.

15. Mohammed M.M., Viktor Z., Yurii K., Lyubov B., Konstantyn P., & Oleksandr T. Methods for Assessing the impact of Bandwidth of Control Channels on the Quality of Telecommunications Networks in the Transmission of Data Packets of different types. *International Journal of Communication Networks and Information Security*, 2021. 13(2), 220–229.

ALGORITHM OF THE LTE / 5G NETWORK BILLING SYSTEM WITH THE PROVISION OF INTERNET OF THINGS SERVICES

Kasim Namir Hashim

Associate Professor of the Department of Cyber Security and Computer Engineering

Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky ave., Kyiv, Ukraine, 03037, nameer.qasim@icloud.com

ORCID: 0000-0002-7283-0594

Oleksandr Selyukov

Doctor of Technical Science, Professor of the Department of Cyber Security and Computer Engineering

Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky ave., Kyiv, Ukraine, 03037, selukov@3g.u

ORCID: 0000-0001-7979-3434

Myroslava Vlasenko

Engineer of the Department of Cybersecurity and Computer Engineering

Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky ave., Kyiv, Ukraine, 03037, bee.130974@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6953-1078

Nataliia Lukova-Chuiko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Cybersecurity and Information Protection, Faculty of Information Technology

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Bogdan Gavrilyshyn St., 24, Kyiv, Ukraine, 02000, lukova@ukr.net

ORCID: 0000-0003-3224-4061

Yurii Khlaponin

Doctor of Technical Science, Professor of the Department of Cyber Security and Computer Engineering
Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky ave., Kyiv, Ukraine, 03037,
y.khlaponin@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9287-0817

The corporate information system of a company that provides regular mass services has its own unique characteristics. We are talking about enterprises that provide a variety of services, primarily information (paid help, access to the Internet...) and telecommunication services (landline and mobile communications, cable broadcasting, IP telephony, paging). The basis for the information systems of such companies is the automation of the main technological process of providing such a service, namely: conclusion of contracts with clients, implementation of services, settlements with consumers, accounting for the implementation of services and payments for third-party services, etc. The more services a company provides, the more customers it has, the more important billing is for the operation of this company.

Key words: billing system, LTE, 5G, Internet of things.

REFERENCES

1. Baranov, A. (2018). *Internet rechei: teoretyko-metodolohichni osnovy pravovoho rehuliuвання. T. 1: Sfery zastosuvannya, ryzyky i bariery, problemy pravovoho rehuliuвання: monohrafiia* [Internet of Things: Theoretical and Methodological Basis for Legal Regulation. T. 1: Scopes, risks and barriers, problems of legal regulation: monograph]. Vydavnychi dim «ArtEk» [in Ukrainian].
2. Baranov, A. (2018). Internet rechei i riteil [Internet of things and retail]. *Internet rechei: teoretyko-metodolohichni osnovy pravovoho rehuliuвання. T. 1: Sfery zastosuvannya, ryzyky i bariery, problemy pravovoho rehuliuвання: monohrafiia – Internet of things: Theoretical and methodological basis for legal regulation. T. 1: Scopes, risks and barriers, problems of legal regulation: monograph.* (pp. 91–93). Vydavnychi dim «ArtEk» [in Ukrainian].
3. Katkov, Yu., Zinchenko, O., Berezovska, Yu., & Stupnyk, A. (2019). Analiz zahroz pid chas vprovadzhennia tekhnolohii IMT2020/5G [Analysis of threats during the implementation of BMI2020/5G technology]. *Zv'язok – Zv'yazok*, (2), 3–11 [in Ukrainian].
4. Huzov, A., & Kurdecha V. (2019). Internet rechei dlia upravlinnia MICROGRID [Internet of things for MicroGrid control]. *Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «PERSPEKTYVY TELEKOMUNIKATSIY» – Collection of materials of the International Scientific and Technical Conference “PROSPECTS OF TELECOMMUNICATIONS”* [in Ukrainian].
5. Domracheva, K.O., Dovzhenko, N.M., & Dmytrenko, V.V. (2019). Analiz tekhnolohii ta standartiv zviazku dlia merezhi IoT [Analysis of communication technologies and standards for the IoT network]. *Naukovi zapysky Ukrainskoho naukovo-doslidnoho instytutu zviazku – Scientific notes of the Ukrainian Research Institute of Communications.* (3), 54–62 [in Ukrainian].
6. Zhuravska I.M. (2018). IoT-merezha na bazi Bluetooth-moduliv dlia avtomatyzovanoho keruvannya spozhyvanniam enerhoresursiv [IoT network based on Bluetooth modules for automatized control power consumption]. *Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo – Computer-integrated technologies: education, science, production,* (30–31), 37–44 [in Ukrainian].
7. Varvaynets, S., & Pravylo, V. (2018). Zabezpechennia bezpeky peredachi informatsii v LTE [SECURITY OF INFORMATION TRANSMISSION IN LTE]. *Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «PERSPEKTYVY TELEKOMUNIKATSIY» – Collection of materials of the International Scientific and Technical Conference “PROSPECTS OF TELECOMMUNICATIONS”* [in Ukrainian].
8. Nashynets-Naumova, A. (2019). Internet rechei: realiyi s'ohodennya [Internet of things: Today's realities]. *Internet rechei: problemy pravovoho rehuliuвання ta vprovadzhennya: materialy III nauk.-prakt. konf., m. Kyiv, 21 lystop. 2019 – Internet of things: Problems of legal regulation and implementation: Materials of the III scientific-practical conference,* November 21 2019, Kyiv. (pp. 32–35) [in Ukrainian].
9. Beh, I.I., Novak, S.O., & Khlaponin, Yu.I. (2016). Pobudova aproksymatsiinoi funktsii na osnovi alhorytmu zvorotnoho rozpovsiudzhennia pomylky yak metodu navchannia shtuchnykh neuronnykh merezh [Construction of an approximation function based on the back-propagation algorithm as a method of training artificial neural networks]. *Visnyk inzhenernoi akademii – Bulletin of the Academy of Engineering,* (1), 198–201 [in Ukrainian].
10. Khlaponin Y.I., Zhirov G.B., & Nikitchin O.M. (2016). Zastosuvannya neuronnykh merezh v statystychnii systemi analizu i monitorynhu telekomunikatsiinykh merezh [Application of neuron networks in the statistical system of analysis and monitoring of telecommunication networks]. *Tekhnolohycheskyi audyt y rezerve proyzvodstva – Technological audit and production reserves,* 5 (2 (31)), 35–41 [in Ukrainian].
11. Qasim, N.H., & Pyliavskiy, V.V. (2020). Color temperature line: Forward and inverse transformation. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics,* 23(1), 75–80.
12. Qasim, N.H., Pyliavskiy, V., & Solodka, V. (2019). Development of test materials for assessment broadcasting video path. *arXiv preprint arXiv:1907.11406.*
13. Qasim, N.H., Shevchenko, Y.P., & Pyliavskiy, V. (2019). Analysis of methods to improve energy efficiency

of digital broadcasting. *Telecommunications and Radio Engineering*.

14. Qasim, N.H., Vyshniakov, V., Khlaponin, Y., & Poltorak, V. (2021). Concept in information security technologies development in e-voting systems. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 3(9), 40–54.

15. Mohammed, M.M., Viktor, Z., Yurii, K., Lyubov, B., Konstantyn, P., & Turovsky, O.L. (2022). Methods for assessing the impact of bandwidth of control channels on the quality of telecommunications networks in the transmission of data packets of different types. *International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS)*, 13(2).

Стаття надійшла 31.10.2022