

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-50-05>

УДК 621.391

Васильківський Микола Володимирович, к.т.н., доцент,<https://orcid.org/0000-0002-6586-2563>**Болдирева Ольга Сергіївна**, аспірант,**Онищук Денис Олександрович**, студент,**Гнатенко Юрій Юрійович**, студент.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

ДИНАМІЧНА ІНФОРМАЦІЙНА МЕРЕЖА ІЗ ВБУДОВАНИМ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

Васильківський М.В., Болдирева О.С., Онищук Д.О., Гнатенко Ю.Ю. Динамічна інформаційна мережа із вбудованим штучним інтелектом. Досліджено архітектуру орієнтованої мережі на користувача, яка передбачає використання виділеної абонентської мережі, яка об'єднує всі необхідні функції для надання інформаційних послуг. Враховуючи переваги технології UCN визначено, що орієнтована на користувача архітектура радіомережі природно та ідеально поєднується з децентралізованою технологією, яка є невразливою для DDoS-атак та єдиних точок відмови (SPOF). Розглянуто особливості планування роботи великих мережевих систем за умови гарантованого надання інформаційної послуги із використанням існуючих рішень, що отримані в результаті дослідження роботи центрів обробки даних та застосуванні їх у масштабі мережі з підтримкою кількох орендарів та паралелізму. Отримані результати дослідження розподілених систем вказують, що головною метою має бути підвищення ефективності, а не оптимальності. Досліджено особливості надання кожному клієнтському пристрою власного «приватного» віртуального екземпляру базової мережі через децентралізовану структуру віртуальних машин чи контейнерів із використанням гнучких програмно-конфігурованих мереж (SDN) та віртуалізованих мережевих функцій (NFV). Розглянуто ідеологію архітектури UCN, яка полягає у формуванні фундаментальної, гнучкої, безпечної та надійної мережевої архітектури із простою структурою та повним набором функцій. Вказані функціональні характеристики підвищують довіру мережі 6G. Досліджено особливості формування цифрового домену користувача спираючись на підхід UCN з чітко вираженою границею, що містить ресурси даних, такі як профіль користувача, профіль служби та профіль ресурсів (включаючи мережні ресурси, так і ресурси кінцевого обладнання). В результаті, визначено правила керування цінними цифровими активами, що належать користувачеві у повній відповідності з нормативними вимогами до безпеки та конфіденційності.

Ключові слова: орієнтована мережа на користувача, децентралізована технологія, програмно-конфігурована мережа, віртуалізована мережева функція, цифровий домен користувача, штучний інтелект платформи 6G, проактивне надання мережевих послуг, інтелектуальне керування абонентським доступом.

Vasykivskiy M., Boldyreva O., Onyshchuk D., Hnatenko Yur. Dynamic information network with built-in artificial intelligence. The architecture of the user-oriented network, which involves the use of a dedicated subscriber network that combines all the necessary functions for the provision of information services, has been studied. Considering the advantages of UCN technology, it is determined that the user-centric architecture of the radio network is naturally and ideally combined with a decentralized technology that is invulnerable to DDoS attacks and single points of failure (SPOF). The peculiarities of planning the operation of large network systems under the condition of guaranteed provision of information services are considered using existing solutions obtained as a result of research on the operation of data centers and their application on a network scale with support for several tenants and parallelism. The obtained results of research on distributed systems indicate that the main goal should be to increase efficiency, not optimality. The peculiarities of providing each client device with its own "private" virtual instance of the core network through a decentralized structure of virtual machines or containers using flexible software-configured networks (SDN) and virtualized network functions (NFV) have been studied. The ideology of the UCN architecture is considered, which is to form a fundamental, flexible, secure and reliable network architecture with a simple structure and a full set of functions. The specified functional characteristics increase the reliability of the 6G network. The peculiarities of the formation of the user's digital domain based on the UCN approach with a well-defined boundary containing data resources such as user profile, service profile and resource profile (including network resources and end equipment resources) are studied. As a result, the rules for managing valuable digital assets owned by the user in full compliance with regulatory requirements for security and privacy have been defined.

Keywords: user-centric network, decentralized technology, software-configured network, virtualized network function, digital user domain, 6G platform artificial intelligence, proactive network service provision, intelligent subscriber access management.

Постановка наукової проблеми. У попередніх телекомунікаційних системах мобільного зв'язку абонентські пристрої не мають жодного контролю над самою мережею при взаємодії із центром обслуговування абонентів мережі. Орієнтовані на користувача мережі (UCN) формують ключову особливість архітектури телекомунікаційних систем на основі технології 6G та відносяться до мереж з особливою структурою, яка дозволяє їм підлаштовуватись під користувача та бути керованою користувачем. Як випливає з назви, «орієнтована на користувача» означає, що користувачі зможуть визначати (за допомогою штучного інтелекту (ШІ)) перелік послуг мережі, які можливо отримувати, а також способи їх використання та керування. Для задіяних служб в мережі доступу користувачі можуть налаштовувати політики використання ресурсів, а також кінцеві пристрої, що належать одному й тому ж домену [1]. Користувачі контролюють усі дані, що ними

© Васильківський М.В., Болдирева О.С., Онищук Д.О., Гнатенко Ю.Ю.

створюються або належать їм, а також відповідні права процесу (наприклад, ідентифікація, авторизація доступу та інформація про статус користувача). При цьому, користувачі можуть бути фізичними особами споживачами, підприємствами або галузевими користувачами, а послуги будуть створюватись інтелектуальним та персоналізованим чином в домені користувача на основі профілю, поведінки та переваг користувачів [2].

Технологія UCN формує спосіб взаємодії користувачів, мережесервісів та програм, що впливає на відповідний доступ до мережі, керування мобільністю, безпеку та володіння особистими цифровими активами. Враховуючи поточну тенденцію розвитку модульності та хмарності мережесервісів, телекомунікаційна послуга, що заснована на програмному забезпеченні, дозволяє розгортати основні мережесервіси (такі як пересилання, керування сеансами та керування політиками) без обмежень розташування. При цьому, архітектура мережі для кожного користувача буде модульною із загальним контекстом, що усуває обмін повідомленнями між традиційними мережесервісами [3].

Зростання інтересу до локального/приватного зв'язку в обмеженій галузі формує передумову для побудови мережі на основі технології UCN у форматі повністю розподіленої і взаємопов'язаної граничної платформи, яка має свої важливі переваги, зокрема стійкість до атак завдяки децентралізованості, яка обмежує масштаб збитків. Крім того, технологія UCN підтримує модель «системи систем», в якій різні системи та користувачі з відповідними пулами ресурсів взаємодіють для отримання остаточних необхідних результатів, в той час як кожен користувач організує свої власні ресурси за допомогою різних взаємодій. На основі цього принципу можна легко покращити як стійкість системи до відмови, так і ефективність обробки трафіку в системі [4].

У мережі UCN абонентський домен не обмежений фізичними пристроями користувача, оскільки мережесервіс домен забезпечує його апаратно-програмне розширення, в якому область розгортання служб і додатків визначається на основі різних критеріїв, наприклад послуг, що вимагають більшої обчислювальної потужності або підвищеної критичної пропускну здатності мережі. Науковою проблемою є необхідність розроблення оптимального методу надання дійсно персоналізованих послуг для кожного користувача, що, у свою чергу, сприятиме зміні парадигми з мережі для всіх на власну мережу із використанням технології UCN, яка перетворить телекомунікаційну мережу на основі 6G із мережі простого доступу у середовище надання послуг.

Метою роботи є: дослідження великих мережесервісів за умови гарантованого надання інформаційної послуги для усунення суперечності між оптимальністю та розміром результуючої мережесервісної взаємодії розрахованих на значні ресурси користувачів.

Аналіз досліджень. Тривалий розвиток систем мобільного зв'язку зумовив відмінні риси та послуги кожного покоління, які визначають фундаментальну філософію проектування системної архітектури телекомунікаційних мереж. Перед переходом із технології 5G на технологію 6G важливо враховувати всі обмеження поточної системи з урахуванням потенційних варіантів використання та інноваційності мережі 6G [5].

Функціонал мобільної мережі складається з рівня керування та рівня користувача. При цьому, рівень керування в основному «керує» рівнем користувача, забезпечуючи виділення мережесервісів для надання послуг відповідно до запитів користувача, тоді як рівень користувача в основному дотримується вказівок та реалізує їх. У сучасному мобільному зв'язку застосовується принцип проектування, заснований на мережесервісах (NF), що зумовлює створення монолітних мережесервісних об'єктів. Рівень керування складається з набору NF, відповідальних за автентифікацію та авторизацію доступу, мобільність, керування сеансом, керування даними (наприклад, репозиторій NF, контекст абонентського обладнання та політика) та керування операціями (наприклад, мобільність, сеанс та QoS). У свою чергу рівень користувача складається з набору транспортувальних елементів, які переносять пакети даних користувача від джерела до місця призначення і повідомляють метрики потоку назад на рівень керування [6].

Очевидні переваги з точки зору розгортання та витрат на експлуатацію і керування мають телекомунікаційні мережі передачі телефонії та інформаційних даних із кількістю абонентів, що обчислюється мільйонами. Проте постійно зростаюча складність такої конструкції мережі залежить від швидкого збільшення кількості абонентів, кількості мережесервісного обладнання, протоколів, інтерфейсів і взаємозв'язків/взаємодій між мережесервісним обладнанням. Оскільки вказана архітектура телекомунікаційної мережі використовує безліч протоколів, які використовують кілька мережесервісних функцій та численні обміни повідомленнями. Бездоганність будь-якої реалізації у кращому разі є сумнівною, тому що повідомлення, що передаються в цих процедурах зв'язку, достатньо складні. В

результаті, перешкодою для масштабування мережі є велика кількість станів обладнання користувача, які необхідно підтримувати в різних мережевих функціях з використанням протоколів підтримки узгодженості станів абонентського обладнання доступу [7].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Архітектура стільникової мережі була в першу чергу розроблена для забезпечення довготривалих сеансів зв'язку (наприклад, телефонних) з енерго- та ресурсним абонентським обладнанням. Одним із принципів проектування централізованої архітектури всіх поколінь архітектури стільникових мереж, що значною мірою спираються на концепцію архітектури телефонної мережі, тобто високоцентралізованої будови та ієрархічно розгорнутої топології є NF-орієнтованість, в результаті чого монолітні мережеві функціональні об'єкти реалізуються або у фізичному обладнанні, або у віртуальних об'єктах, що обслуговують велику кількість кінцевих користувачів, таких як керування мобільністю, дані пристрою/абонента, керування сеансом, аутентифікація, пересилання пакетів даних та застосування політик. Функціонал стільникової мережі передбачає керування станом абонентського обладнання або кінцевого користувача, що по суті є прототипом великого розподіленого кінцевого автомату, тобто телекомунікаційна мережа при цьому має підтримувати узгоджені стани для різних мережевих функцій шляхом обміну повідомленнями [5].

Незважаючи на переваги та недоліки розподілених мереж у порівнянні з централізованими, очевидно, що при багаторазовому збільшенні кількості підключених різномірних та інтелектуальних користувачів/пристроїв виникають проблеми безпеки та масштабованості телекомунікаційної мережі. Отже, через відкриту архітектуру на основі технології IP стільникові бездротові системи вразливі для звичайних атак через інтернет. В результаті, базова мобільна мережа вразлива для DoS-атак через її централізований характер. При цьому, звичайні та розподілені DoS-атаки на централізовані мережеві функціональні модулі спричиняють серйозні наслідки, оскільки мобільні мережі є критично важливою інфраструктурою, що забезпечує стабільну життєдіяльність усього суспільства. Починаючи з 4G/LTE ієрархічна мережа на основі шлюзів стала рівнем користувача базових мереж 4G та 5G. При цьому, така мережа призначена для керування сеансами кожного користувача пристрою, тобто щоразу, коли пристрій вимагає доступу до даних, повинна відбутися послідовність обміну повідомленнями між різними компонентами ядра і RAN, перш ніж може бути переданий будь-який пакет даних рівня програми. Дотримання допустимої кількості підключених через базову мережу доступу інтелектуальних пристроїв, які підтримують тривалі сеанси зв'язку без жорстких вимог щодо затримки та обмежень обробки пакетів керування, гарантуватиме працездатність поточної архітектури інфокомунікаційної мережі. Однак при стрімкому зростанні кількості та різноманітності підключених пристроїв (наприклад, датчики в інтелектуальному транспортному засобі, промислові роботи, а також IoT пристрої, що носяться і імплантуються) в мережеві архітектурі можуть виникнути критичні вузькі місця [6].

Система мобільного зв'язку стикається з дилемою щодо ідентифікації та захисту інформаційних даних. Враховуючи велику кількість джерел даних в телекомунікаційній мережі, оператори зв'язку намагаються їх монетизувати, особливо дані, прямо чи опосередковано пов'язані з кінцевими користувачами через правила конфіденційності. З іншого боку, кінцеві користувачі не можуть контролювати власні дані і тому вони мають бути впевнені, що постачальники послуг не будуть ними зловживати. Крім того, користувачам важко виявити та відстежити порушення інформаційного захисту даних через недостатню обізнаність та знання [7].

Технологія 5G найкраще реалізує вертикальну структуру клієнта за рахунок підтримки неліцензованого доступу та кампусних мереж і при цьому конструкція та архітектура базової мережі майже виключно створені для операторів. Отже, не приділяється особливої уваги функціям, необхідним для різних споживачів, які мають власну вертикальну ієрархію (наприклад, промислові підприємства). Тому, в мережі 5G, орієнтованій на операторів, користувачі можуть обирати операторів зв'язку із найкращим обслуговуванням, що проблематично для самих операторів зв'язку через необхідність підтримки величезної кількості неочевидних функцій та додаткових вимог до інформаційних послуг.

Традиційні телекомунікаційні мережі спроектовані за принципом "кожна функція на всю мережу", як показано на рис. 1, що призвело до появи кількох монолітних мережевих функцій, які обслуговують велику кількість користувачів/пристроїв і при цьому кожна мережна функція, така як AMF та функція керування сеансом (SMF) у мережах 5G має дуже специфічні завдання. Таким чином, можна з упевненістю сказати, що принцип NF-орієнтованості природно призводить до централізованої архітектури інфокомунікаційної мережі [1].

Архітектура орієнтованої мережі на користувача, передбачає, що кожен користувач використовує власну виділену мережу, яка об'єднує всі необхідні йому функції для надання послуг, як показано на рис. 1. Відповідно до цього принципу проектування, технологія UCN відповідає за керування мобільністю, політиками, сеансами та персональними даними (за допомогою децентралізованих технологій). Однією з переваг технології UCN є різке скорочення обміну сигналами та в результаті зменшення затримки. При цьому, використовується менша кількість протоколів, що, у свою чергу, знижує складність і, отже, призводить до здешевлення та спрощення системи керування мережею. Орієнтована на користувача архітектура природно та ідеально поєднується з децентралізованою технологією, яка є невразливою для DDoS-атак та єдиних точок відмови (SPOF).

Доступність та стабільність інформаційного сервісу забезпечуються за рахунок використання як децентралізованих, так і розподілених хмарних технологій, які допомагають рівномірно розподіляти навантаження на систему між мережевими вузлами. Для покращення масштабованості, складності та надійності телекомунікаційної мережі, а також зрештою зниження вартості її реалізації необхідно зводити до мінімуму кількість типів мережних вузлів. Децентралізована мережева архітектура є невразливою для атак, оскільки реалізація всіх послуг мобільної мережі є розподіленою, і коли деякі вузли чи мережа пошкоджені чи атаковані, решта мережі не постраждає. У децентралізованій мережі мережні вузли можуть взаємодіяти один з одним за допомогою певних алгоритмів, наприклад, розподілених хеш-таблиць або блокчейна [2].

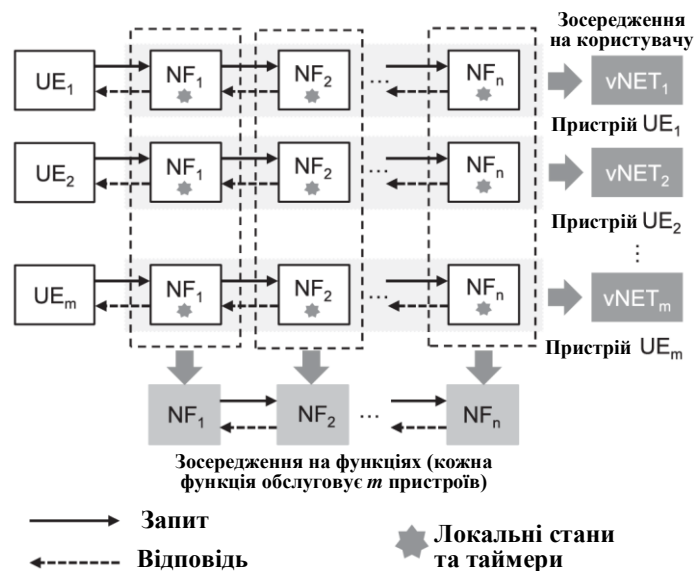


Рис. 1. Архітектура системи абонентського доступу та системи, орієнтованої на мережеві функції

Зменшення витрат на проектування та експлуатаційних витрат при наданні послуг споживачам забезпечується за рахунок ефективного використання доступного пулу ресурсів у кожній архітектурі системи зв'язку. В результаті використання низької загальної вартості експлуатації (ТСО) як однієї з основних цілей проектування і врахування впроваджених екологічно стійких інформаційних та комунікаційних технологій (ICT), можна зробити висновок, що роль ефективного загальносистемного керування ресурсами значно зростатиме. Це призведе до появи кількох нових проблемних областей, які нині не вивчаються, недооцінюються чи повністю ігноруються промисловістю та академічними колами. Для узгодження ресурсів в поширених змішаних середовищах обчислень/зберігання/мережі вимагаються відповідні рішення, оскільки неоднорідність ресурсів ускладнює використання єдиних механізмів через застосування в різних областях різних підходів, які часто замикаються всередині своєї області. Крім того, унікальні підходи, швидше за все не відповідатимуть вимогам різноманітних ресурсів [3].

В результаті, планування обслуговування під час експлуатації інформаційної мережі має першорядне значення, оскільки воно дозволяє забезпечити чудові функціональні властивості підтримуваних розподілів (зрізів) та знизити сукупну вартість експлуатаційної підтримки. Динамічне призначення ресурсів, що зумовлено прагненням до більш ефективного спільного

використання інфраструктури (включаючи обчислювальні, мережеві та енергетичні ресурси) важко досягти через різномірну, часткову або застарілу інформацію, її прив'язку до роботи в реальному часі та відсутності будь-якого центрального керівного блоку або механізму.

Вирішення проблеми планування роботи у великих мережевих системах потребує великих фундаментальних досліджень. Використання відповідних механізмів вирішення конфліктів за умови гарантованого надання інформаційної послуги передбачає використання існуючих рішень, що отримані в результаті дослідження роботи центрів обробки даних, та застосовуванні їх у масштабі мережі з підтримкою кількох орендарів та паралелізму. Отримані результати дослідження розподілених систем вказують, що головною метою має бути підвищення ефективності, а не оптимальності [4].

У всіх попередніх варіантах архітектури систем мобільного зв'язку обмеження завжди були окреслені відносно фізичних об'єктів (між обладнанням користувача і мережею, між радіодоступом та ядром), що призводило до частково несподіваних обмежень надання послуг. У сучасній системі обмеження повинні пролягати у сфері інформаційних послуг, зокрема мають бути розділені області виконуваних послуг. Для цього інформаційні послуги зазвичай повинні бути відокремлені від інфраструктури, і ця тенденція вже знайшла підтвердження у сфері ІТ-послуг, де знання інфраструктури вже не таке необхідне для користувача. Однак у цьому сценарії за необхідну стійкість (тобто безпеку та надійність) відповідає середовище виконання інформаційної послуги. Єдиним розумним шляхом розвитку для багатоцільових інфраструктур є ICT, оскільки він веде до послуг, що внутрішньо адаптуються, з мінімальними необхідними рівнями довіри. Це означає, що можна запускати ту саму службу в різних умовах із практично однаковими властивостями без необхідності проектувати вимоги до надійності служби (які не обговорюються) безпосередньо в надійність інфраструктури (що може спричинити невикористані витрати). Зміна фізичних обмежень також сприятиме зміні парадигми від роздільної архітектури «кінцевий пристрій-мережний канал-хмара» (TPC) до інтегрованої [5].

Очевидним наслідком з попередніх міркувань є необхідність усунення суперечності між оптимальністю та розміром результуючої мережевої взаємодії розрахованих на багато користувачів ресурсів. Фактично кілька зацікавлених сторін будуть задіяні як просьюмери, які незалежно постачають ресурси та споживають послуги, що не сумісно з глобальним підходом до повноважень, і при цьому телекомунікаційна система буде сильно децентралізованою. Варто зазначити, що з огляду на потенційно великий масштаб нової телекомунікаційної системи вона може виглядати неоптимальною в порівнянні з існуючою централізовано керованою інфраструктурою операторів. Проте централізовані архітектури самостійно масштабуються не краще: враховуючи їх «віддаленість» від рівня ресурсів, вони, можливо, навіть менше підходять для швидкої адаптації під час роботи. Мережеві оператори зазвичай використовують децентралізоване керування, або покладаються на зростаючу інтелектуальність ресурсів, або розташовуються ближче до них (наприклад, ієрархічне керування на основі політик). Такі технології керування переважно використовуються для оптимальної попередньої ініціалізації, проте коли йдеться про змішані послуги, попередня ініціалізація стикається з обмеженнями. Крім того, невирішеною проблемою залишається розрахований на багато користувачів характер системи, оскільки не ясно, як об'єднати різні політики, які будуть застосовуватися в тому самому пулі ресурсів. З цих причин при об'єднанні автономності та штучного інтелекту з концепціями розподілених систем може знадобитися поєднання узгодженості (необхідної оптимальності) з сегментацією (необхідного масштабування). Наприклад, це рішення можна застосувати в сценаріях, де для оптимальності необхідно використовувати адаптацію в ході виконання, зберігаючи при цьому доступність за рахунок можливого надмірного виділення ресурсів [6].

Збільшення уваги питанням конфіденційності та володінню даними, які вважаються «новою нафтою» цифрової доби дає можливість користувачам повністю контролювати власну цифрову ідентичність, а також монетизувати свої власні дані. Таким чином, вони мають можливість вибирати, якими даними ділитися з іншими сторонами та впевненні, що ці дані не використовуються без їх згоди. Більше того, користувачі зможуть мати можливість ізолювати себе для запобігання витоку даних. При цьому, передбачається можливість відкликати доступ третіх осіб до своїх даних.

Завдяки гнучкості програмно-конфігурованих мереж (SDN) та віртуалізації мережевих функцій (NFV) орієнтована на користувача базова мережа дозволяє кожному клієнтському пристрою отримати свій власний «приватний» віртуальний екземпляр базової мережі через

децентралізовану структуру віртуальних машин чи контейнерів, як показано на рис. 2. Ці віртуальні функціональні вузли можна розділити на дві категорії: вузли обслуговування мережного рівня (NSN) та вузли обслуговування рівня користувача (USN), які можуть реалізувати типові функції базової мережі, такі як керування мобільністю, керування політиками та керування абонентами/пристроями. NSN, який може бути розподіленою або централізованою спрощеною версією функцій базової мережі, служить першою точкою підключення пристрою до мережі і відповідає за його автентифікацію під час процедур реєстрації доступу (тобто приєднання та встановлення спрямованого каналу за умовчанням). USN, які можуть бути повністю розподілені та самоорганізовані відповідно до віртуальної мережі, призначені для одного UE та обробляють всі функції базової мережі, включаючи функції рівня користувача та рівня керування [7].

UCN перевершують сучасну архітектуру у багатьох відношеннях. Зокрема, завдяки своєму розподіленому та персоналізованому характеру вони не дозволяють ботнетам виконувати DDoS-атаки і одночасно дають можливість застосовувати налаштовані політики для кожного користувача пристрою (наприклад, безпека та QoS). Децентралізоване керування користувачами та даними дозволяє кінцевим користувачам повністю контролювати свої цифрові активи.

Ще один важливий момент, який варто враховувати, – це той факт, що UCN призначені для виходу за фізичні межі звичайного TPC, де простір користувача обмежений кінцевими фізичними пристроями. Це означає, що відповідно до концепції UCN користувальницька область може бути розширена до будь-якого обсягу ресурсів вузлів обслуговування рівня користувача (USN) в системі мобільного зв'язку.

Отже, ідеологія архітектури UCN полягає у формуванні фундаментальної, гнучкої, безпечної та надійної мережевої архітектури із простою структурою та повним набором функцій. Вказані функціональні характеристики підвищують довіру мережі 6G.

З погляду особливостей проектування базової інформаційної мережі однією з основних технологічних особливостей телекомунікаційної радіосистеми 6G є зміщення акценту з мережевих функцій користувача із використанням механізмів зрізів мережі (slice). Однак це удосконалення, як і раніше, засноване на фундаментальній архітектурі, орієнтованій на функції. Відповідно до методу зрізів, кожен користувач може сприймати мережу як власний набір (зріз) мережевих служб, що складаються з мережевих функцій, який, можливо, і не потребує радикальної зміни, але при цьому залишає невирішені питання, такі як володіння цифровими активами [8].



Рис. 2. Децентралізована та орієнтована на користувача архітектура сегменту інформаційної мережі радіодоступу 6G

Фундаментальна архітектура може виграти від абсолютно нового підходу та орієнтації на користувача. Порівняння концепцій архітектури системи 5G та UCN наведено на рис. 3. В архітектурі мережі 5G мережеві функції повністю визначаються на мережному рівні, який у мережі 6G перетворюється на UCN за рахунок розробки мережевих функцій, що реалізуються на рівні користувача. Взаємодія між NSN і USN або всередині домену NSN, як і раніше, потребує стандартизації, але служби будуть розміщуватися виключно всередині домену USN.

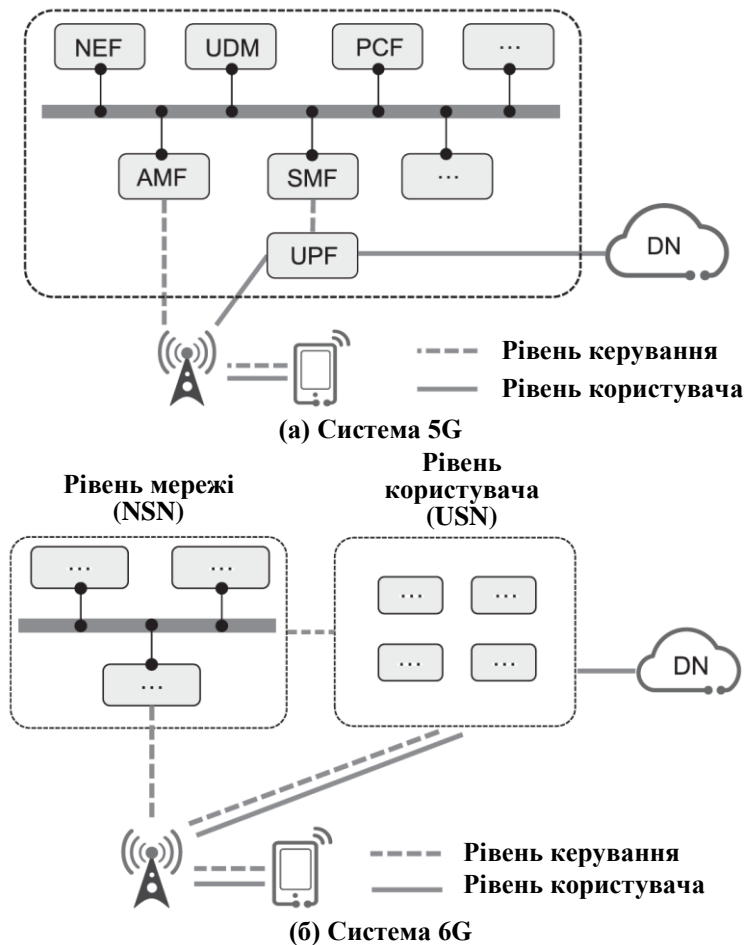


Рис. 3. Схема удосконалення архітектури сегменту інформаційної мережі доступу

По суті, архітектура UCN не диктує правила розроблення мережевих служб (наприклад, керування мобільністю та сеансами), оскільки у майбутніх системах зв'язку ці служби будуть, власне, звичайними комп'ютерними додатками. При використанні надійної інфраструктури з ефективною архітектурою, служби верхнього рівня, природно, використовуватимуть традиційні переваги зручного розгортання, експлуатації та масштабованості. Таким чином, UCN не радикально відрізнятиметься від традиційних мережевих сервісів, а натомість представить їх у децентралізованій формі, яка є більш надійною, безпечною та відмовостійкою. У той же час, нова архітектура забезпечить відповідність нормативним вимогам процесу керування конфіденційністю інформаційних даних користувачів телекомунікаційної мережі.

Цифровий двійник став популярною концепцією, що застосовується у багатьох галузях промисловості. Цифровий двійник являє собою цифрову або віртуальну копію фізичного об'єкта, яким можуть бути активи, процеси, системи [2]. Вперше цей підхід був використаний при моделюванні виробничих операцій [3], коли для зниження загальних витрат, підвищення продуктивності та забезпечення якості продукції проектування систем, моделювання, а також керування ризиками вирішили використовувати цифрові аналоги фізичних об'єктів. Концепція цифрового двійника еволюціонувала з часом, і її використання значною мірою орієнтоване на технологію IoT. Вона спеціально розроблена з урахуванням поєднання речей через бездротові технології та мережі, а також для використання хмарних обчислень. В епоху 6G злиття фізичного та кібернетичного світів стане основною тенденцією, яка призведе до переходу цифрового двійника на новий рівень як допоміжна технологія, що потенційно сприяє розробці архітектури, орієнтованої на користувача.

Основа концепції цифрового двійника, визначає термін «віддзеркалення», але за межі суто цифрового двійника. Оскільки, відображення є віртуальним представником будь-якого фізичного об'єкта в системі 6G, тому його дія подібна «розумному цифровому агенту», тобто не тільки

копіюється поведінка фізичних об'єктів, а й проактивно ініціюються дії залежно від різних обставин. Наприклад, відображення може стежити за переміщеннями користувачів, наближатися до користувачів, переходячи з центральної хмари до граничної хмари, або виділяти відповідні ресурси для користувачів. При цьому, вказана технологія має такі функції, як керування ідентичністю, автентифікація, авторизація доступу, керування цифровими активами користувачів, мобільністю, сеансами та взаємодією з додатками [3].

Відображення може відображати сутності дуже різного масштабу – від фізичних об'єктів до цілої організації. Технологія не тільки включає цифрову модель або опис фізичних об'єктів, але також виступає як автономний агент, що живе в мережі. Крім того, керує відповідними елементами ресурсів та взаємодіє з іншими відображеннями. Отже, потрібно розглядати відображення як інтелектуальну сутність, яка керує всіма ресурсами користувача, щоб формувати, підтримувати та контролювати складений із них пул; і також інтелектуально планує, компонує сервіси, які розгортає в пулі ресурсів. На рисунку 4 відображено цю концепцію, що представляє функції, які можуть існувати в домені відображення користувача Б. Цей домен розгортається в системі мобільного зв'язку відповідно до профілю користувача та його поведінки, щоб надати користувачеві Б повністю оптимізований сервіс, який налаштовується і орієнтований на його завдання. Сюди входять мережеві функції, які можуть бути підібрані для конкретного користувача (наприклад, USN) та створені, а також оновлені відображенням користувача Б. Також можливості ШІ платформи 6G можуть бути використані для реалізації проактивного надання мережевих послуг.



Рис. 4. Інтелектуальне керування абонентським доступом в мережі 6G

Отже, розвинене ядро пакетної комутації (EPC) мережі 4G чи базову мережу 5G можна розглядати як певний тип відображення, орієнтований на потреби традиційних операторів мобільної мережі. З розвитком мережі 5G можна спостерігати диверсифікацію типів користувачів. Багато з цих користувачів є вертикальними галузями, у яких є як ресурси, так і навички, але при цьому вони мають зовсім інші потреби в порівнянні з операторами мобільного зв'язку. Отже, концепція відображення прагне узагальнити поняття функціональності базової мережі еволюційним шляхом, підтримуючи успадковані від колишніх поколінь потреби, і навіть забезпечуючи стандартизовану підтримку нових категорій [4].

При використанні технології відображення служби керуються безпосередньо відображеннями та розгортаються на відповідних елементах ресурсів повністю децентралізованим чином. При

цьому, для керування даними цифрових активів будь-якого формату, що зберігаються у розподіленій базі даних, може використовуватися система доступу до розподілених даних. Що стосується розподіленої системи побудови відображень, її можна використовувати для забезпечення оновлення майже реального часу і виконання запитів для зіставлення між ідентифікаторами, іменами та адресами. Крім того, для експлуатації відбиття та управління ними можна використовувати систему управління життєвим циклом.

З погляду архітектури, технологія відображень може бути підтримана поглибленим вивченням наступних аспектів: базові служби відображень, які переважно включають керування місцевими ресурсами та побудову відображень. Між ресурсом та її відображенням встановлюється з'єднання для зв'язку, яке працює через інтерфейс відображення-пристрій (R2D), як показано на рис. 4. Профілі та поточні стани ресурсу відправляються через з'єднання у відображення та використовуються для створення, оновлення та розширення самого відображення. У зворотному напрямку відображення надсилає сигнали для керування ресурсом, який виконуватиме певні дії для реалізації та запуску служб; розширені служби відображення: в основному це поняття включає складання служб і розгортання за допомогою політик. При цьому, відображення має бути спроектоване так, щоб відповідати на запити виклику служби з внутрішнього домену та області взаємодії між відображеннями. Відображення перевіряє доступність ресурсів та здійснюваність запитаних послуг. В результаті служби розгортаються на ресурсах (пристроях) через інтерфейс між фізичним об'єктом та його відображенням. При необхідності використання ресурсу взаємодії відображень, задіяні відображення будуть взаємодіяти, наприклад через інтерфейс відбиття-відображення (R2R), як показано на рис. 4. Отже, інтерфейс R2R реалізує децентралізований рівень керування, який підтримує різні домени відображень. У цьому випадку служби розгортаються спільно через окремі елементи керування відповідних доменів відображень, але, можливо, в пулах ресурсів, що перетинаються. Служби виявлення та розгортання ресурсів також підтримуються як частина служб відображення; реалізація відображення здійснюється в домені відображення, який створюється спільно з рівнем даних, спираючись на функції керування даними, що надаються системою 6G; деталізоване керування автономними ресурсами враховує, що розмежування проводиться в просторі служб, а не між фізичними ресурсами і при цьому кілька незалежно працюючих відображень зазвичай надаватимуть послуги із загального пулу ресурсів, створеного всіма пристроями на рівні ресурсів. Використовуючи програмування пристроїв та інфраструктури, відображення зможуть запускати складні служби на рівні інфраструктури або навіть у більшому масштабі. Без додаткових системних механізмів та координації на рівні ресурсів це призвело б до класичної проблеми «розподілу мозку», низької надійності обслуговування або величезного надлишкового виділення ресурсів, оскільки локальний аналіз не дозволяє оптимізувати використання ресурсів на глобальному рівні. Причиною цього є невизначеність щодо запитів та операцій інших відображень.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Досліджено особливості формування цифрового домену користувача спираючись на підхід UCN з чітко вираженою границею, що містить ресурси даних, такі як профіль користувача, профіль служби та профіль ресурсів (включаючи мережні ресурси, так і ресурси кінцевого обладнання). В результаті, визначено правила керування цінними цифровими активами, що належать користувачеві у повній відповідності з нормативними вимогами до безпеки та конфіденційності. Запропоновано оптимізований метод надання дійсно персоналізованих послуг для кожного користувача із використанням технології UCN, яка може гарантувати, що право власності на дані в мережі 6G належатиме користувачеві, що, в свою чергу, означає, що саме користувачі контролюватимуть використання даних та розповсюдження інформації в усьому цифровому світі. Таким чином, сама конструкція UCN забезпечує вбудовану підтримку керування цифровими активами, знижуючи ризик зловживання даними та порушення конфіденційності. Більше того, вона дозволяє користувачам монетизувати власні дані. Цей механізм може ґрунтуватися на DLT та інших технологіях.

Досліджено технологію використання впізнаваного цифрового ідентифікатора як адресу для обміну інформацією між користувачами в цифровому суспільстві. Оскільки, за наявності цифрового ідентифікатора стає відомою пов'язана з ним інформація, така як статус, поведінка чи транзакція. Тому, перенесення персоналізованої інформації на цифрового двійника дає безліч переваг. Зокрема, це забезпечує зручні та безпечні транзакції, знижує витрати та підвищує ефективність роботи. Відсутність надійної схеми керування цифровими посвідченнями призвела до багатьох проблем,

таких як порушення конфіденційності та зловживання даними. Визначено необхідність створення фонду розвитку UCN та спільного розроблення схеми цифрової ідентифікації, яка відповідає вимогам підтвердження особистості, авторизації, керування цифровими активами.

Список бібліографічного опису

1. 3GPP, System architecture for the 5G system, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), Technical Specification (TS) 23.501, Aug. 2020, version 16.5.1. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>.
2. I. Stoica, R. Morris, D. Liben-Nowell, D. R. Karger, M. F. Kaashoek, F. Dabek, and H. Balakrishnan, Chord: A scalable peer-to-peer lookup protocol for internet applications, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 11, no. 1, pp. 17–32, 2003.
3. M. Grieves, Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication, White paper, vol. 1, pp. 1–7, 2014.
4. Васильківський, М., Нікітович, Д., & Болдирева, О. (2022). Керування доступом до інформаційних даних в інтелектуальних інфокомунікаційних мережах. *Measuring and computing devices in technological processes*, (4), 5–17. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-1>
5. Васильківський, М., Варгатюк, Г., & Болдирева, О. (2022). Дослідження архітектури штучного інтелекту для інфокомунікаційних мереж 6G. *Measuring and computing devices in technological processes*, (4), 62–70. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-7>
6. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Челоян В.А. Спектральний метод оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. - *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2010, № 2, С. 109-114.
7. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. Методи та засоби підвищення ефективності оцінювання фазового дрижання сигналів у телекомунікаційних системах: Монографія. - Вінниця: ВНТУ, 2015. - 140 с.
8. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Стальченко О.В. Пристрій аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів. - *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*.–2013, № 2.– С.82-85.

References

1. 3GPP, System architecture for the 5G system, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), Technical Specification (TS) 23.501, Aug. 2020, version 16.5.1. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>.
2. I. Stoica, R. Morris, D. Liben-Nowell, D. R. Karger, M. F. Kaashoek, F. Dabek, and H. Balakrishnan, Chord: A scalable peer-to-peer lookup protocol for internet applications, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 11, no. 1, pp. 17–32, 2003.
3. M. Grieves, Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication, White paper, vol. 1, pp. 1–7, 2014.
4. Vasykivskiy M., Nikitovych, D., & Boldyreva, O. (2022). Keruvannya dostupom do informatsiynykh danykh v intelektual'nykh infokomunikatsiynykh merezhakh. *Measuring and computing devices in technological processes*, (4), 5–17. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-1>
5. Vasykivskiy M., Varhatiuk, H., & Boldyreva, O. (2022). Doslidzhennya arkhitektury shtuchnoho intelektu dlya infokomunikatsiynykh merezh 6G. *Measuring and computing devices in technological processes*, (4), 62–70. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-7>
6. Bortnyk G.G., Vasykivskiy M.V., Cheloyan V.A. Spektral'nyy metod otsinyuvannya dzhyteru v telekomunikatsiynykh systemakh. - *Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu*, 2010, № 2, S. 109-114.
7. Bortnyk G.G., Vasykivskiy M.V., Kychak V.M. Metody ta zasoby pidvyshchennya efektyvnosti otsinyuvannya fazovoho dryzhannya syhnaliv u telekomunikatsiynykh systemakh: Monohrafiya. - Vinnytsya: VNTU, 2015. - 140 s.
8. Bortnyk G.G., Vasykivskiy M.V., Stalchenko O.V. Device for analog-digital conversion of high-frequency signals. - *Measuring and computing equipment in technological processes*.–2013, No. 2.– P.82-85.