

УДК 621.391:004.8

DOI: 10.31673/2412-9070.2025.061203

Н. В. ГАЛАГАН, канд. техн. наук, доцент;

ORCID: 0000-0001-8582-3126

В. І. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

ORCID: 0000-0002-4758-7027

Н. В. БЛАЖЕННИЙ, д-р філософії, доцент;

ORCID: 0000-0002-3826-7400

О. О. САЗОНОВ, аспірант,

ORCID: 0009-0008-1110-9120

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ П'ЯТОГО І ПОСЛІДУЮЧИХ ПОКОЛІНЬ

Стаття присвячена розгляду технології використання штучного інтелекту у мережах зв'язку п'ятого та послідуючих поколінь, де потрібно насамперед оцінити базові принципи, ключові завдання, а також найсучасніші підходи та рішення. Доведено, що використання штучного інтелекту формує реакцію на фактор реального світу. При цьому у інфокомунікаційних мережах повинні реалізовуватись вимоги дуже надійних мереж з надмалими затримками, при цьому забезпечуючи зростаючу кількість трафіку міжмашинних комунікацій у інфокомунікаційній мережі.

Мережі наступних поколінь повинні здійснювати контроль та управління великою кількістю сучасних і новітніх послуг, до яких висуваються високі вимоги щодо якості обслуговування користувачів, а також вимог тактильного Інтернету, реалізації чутливого сприйняття, реалізації ефекту телеприсутності.

Тому, розглядаючи аспекти доцільності використання штучного інтелекту, насамперед необхідно розглянути і його основні властивості.

Окремо підкреслено інноваційний підхід, який використовується на кафедрі мобільних та відеоінформаційних технологій щодо вдосконалення існуючих та перспективних моделей штучного інтелекту, які будуть використовуватися у мережах п'ятого та наступних поколінь. Розглядається інноваційна модель, яка додатково включає в себе три та більше етапи навчання з підкріпленням, спрямовані на виявлення вдосконалених моделей міркування та узгодження з уподобаннями людини, а також три та більше етапи контрольованого тонкого налаштування, які служать зачатком для можливостей міркувати та не міркувати в моделі, а також враховується функція приросту і функція втрат на кожному етапі функціонування, здійснюється самоперевірка, рефлексія та генерація довгих ланцюгів думок моделі штучного інтелекту.

Ключові слова: штучний інтелект; Інтернет речей; «розумний будинок»; мережний сервіс; тактильний Інтернет; мережі радіодоступу.

Вступ

Актуальність використання технологій штучного інтелекту у мережах зв'язку забезпечує вирішення багатьох завдань, що технічно неможливо вирішити існуючими мережами зв'язку. Інфокомунікаційні мережі повинні реалізовувати вимоги надійності, малої затримки повідомлень, при цьому забезпечуючи зростаючу кількість трафіку передавання інформації в інфокомунікаціях у мережі.

Мережі наступних поколінь повинні забезпечувати та здійснювати контроль та управління великою кількістю сучасних і нових послуг з високими вимогами, що висуваються до якості обслуговування абонентів і забезпечення сприйняття, наприклад, для послуг тактильного Інтернету або реалізації телеприсутності, яка сьогодні набуває популярності. Необхідно зазна-

чити, що однією з причин появи нового покоління мереж зв'язку 5G є вимоги до кількості та якості надання послуг в інфокомунікаційних мережах.

Більшість послуг в інфокомунікаційних мережах, які вимагають тривалості затримки та інших параметрів, з'явилися на основі концепції Інтернету речей. Варто зазначити, що не всі висунуті вимоги вдалося реалізувати до початку розвитку мереж зв'язку 5G. Зменшення затримки передачі інформації і досі становить проблему навіть у сучасних інфокомунікаційних системах.

Тому, є ряд причин, що вносяться на мережевому (обслуговування на кожному з мережевих пристроїв), серверному (централізовані серверні обчислювальні потужності), так і на фізичному рівні (обмеження дальності поширення світлової хвилі в оптичному волокні).

Основна частина

З урахуванням обмеження фізичного середовища передавання інформації, у низці робіт [1, 2] наукових працях [3-5] було запропоновано піти шляхом децентралізації мереж. Це було підтримано не лише виробниками, а й органами, що стандартизують, у тому числі міжнародними.

Для забезпечення нових вимог до якості обслуговування, а також необхідності підтримки багатьох нових типів послуг, спеціалістами та співробітниками Стенфордського та Каліфорнійського університетів у Берклі [2] було запропоновано нову концепцію побудови та управління мережами зв'язку - SDN.

За минуле десятиліття SDN технологія від лабораторних експериментів доросла до комерційного впровадження на рівні не тільки центру обробки даних, віртуальних комерційних мереж розподілених офісів (SD-WAN), а й операторів, які займають домінуюче становище над ринком. Паралельно технології програмно-конфігурованих мереж у світовому співтоваристві отримала своє схвалення технологія віртуалізації мережевих функцій (NFV) [3, 4].

Для побудови систем майбутнього потрібні гнучкі мережні вузли, які побудовані на основі концепції побудови та управління мережами зв'язку, а також віртуалізації мережевих функцій з метою ефективної обробки та підвищення експлуатаційної ефективності мереж.

По суті контролер управляє вузлами мережі, які обробляють пакети за допомогою певних механізмів, наприклад, протоколу OpenFlow. SDN технологія поділяє мережевий рівень і рівень передавання [4], що дозволяє абстрагуватися від обладнання та керувати всіма пристроями на логічному рівні, централізованому на контролері або контролерах. Також SDN дає можливість спростити процес розгортання нових протоколів та сервісів на мережі, що, безперечно, дозволяє зменшити такі параметри як CAPEX та OPEX.

Сучасні рішення у галузі хмарних технологій дозволяють наблизитися до тих вимог, які висувуються на сучасному етапі. При цьому виникають важливі завдання стосовно модернізації логіки обробки інформаційного трафіку [5, 6].

Актуальним науковим завданням є визначення та дослідження проблем функціонування мереж зв'язку п'ятого та послідовуючих поколінь та вирішення завдань моніторингу та управління трафіком у мережах зв'язку.

Метою роботи є дослідження проблем функціонування мереж зв'язку п'ятого та послідовуючих поколінь.

Для досягнення мети дослідження проведемо аналіз перспектив застосування штучного інтелекту в інфокомунікаційних мережах зв'язку п'ятого та послідовуючих поколінь. Сформулюємо напрямки робіт у галузі штучного інтелекту для мереж зв'язку, які у галузі машинного навчання сформулював Міжнародний союз електрозв'язку.

Функціонально одним із важливих елементів виступає конвеєр машинного навчання. Він являє собою набір логічних вузлів. При цьому кожен з вузлів виконує певні функції. Для формування програми машинного навчання в інфокомунікаційній мережі функції можна комбінувати.

Розглянемо архітектуру конвеєра машинного навчання, яка складається з функціональних блоків. Ця архітектура представлена на рис. 1 і являє собою ієрархічну високорівневу архітектуру, що включає:

- SRC - джерело запиту обслуговування;
- MLFO - диригент функцій машинного навчання;
- SMF – функціональний блок управління сесією;
- AF - функціональний блок програми;
- ML - машинне навчання.

Основні модулі управління мережею охоплюють всі рівні інфокомунікаційної мережі.

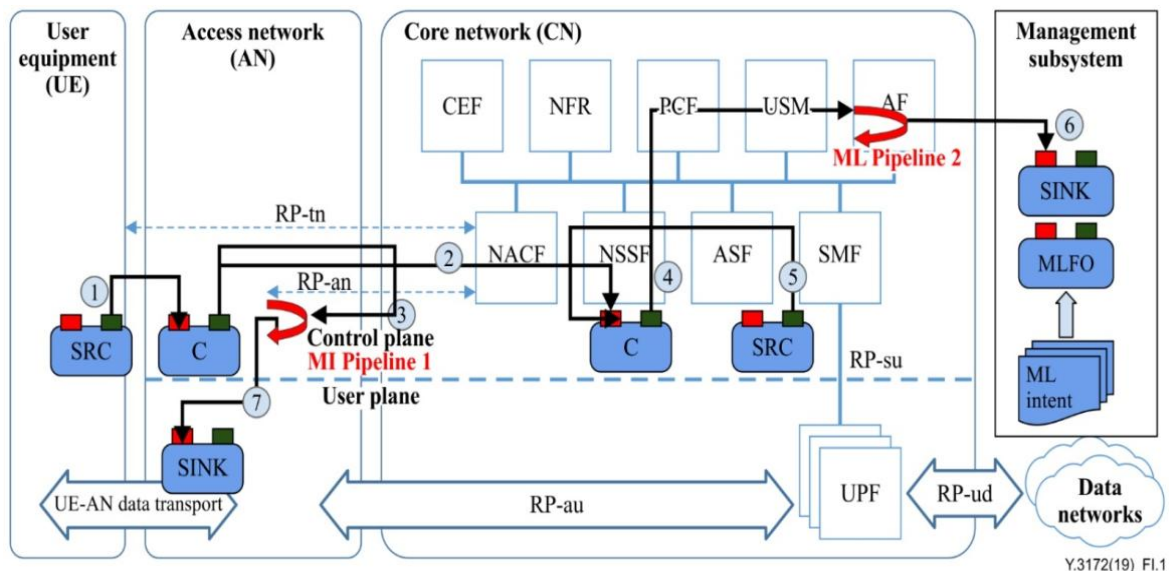


Рис. 1. Архітектура машинного навчання

Основні модулі управління мережею забезпечують контроль функціонування мережі і прозорий моніторинг інфокомунікаційною мережею.

Потреба у впровадженні таких технологій обробки даних потребує великих ресурсів, тому у вирішенні завдань моніторингу та управління трафіком в інфокомунікаційних мережах п'ятого та наступних поколінь зв'язку передбачається використання технологій штучного інтелекту.

Швидкоплинні умови викликають необхідність адаптуватися до динамічності мережної інфраструктури, обумовлюють збільшення ресурсомісткості мережі [7].

Крім того, інтенсивне зростання послуг Інтернету речей викликало потребу у підвищенні якості обслуговування користувачів по наданню послуг. На сьогодні існує нагальна потреба в генеруванні великих об'ємів даних, які необхідно обробляти з великою ефективністю, що в свою чергу можливо реалізувати лише завдяки використанню сучасних технологій (використанню технологій штучного інтелекту).

Варто зазначити, що існуючі інструменти використання трафік-інжинірингу обмежені у цьому напрямі. Таким чином, зважаючи на великі об'єми даних використання штучного інтелекту передбачає програмування, що є безумовно перевагою інфокомунікаційних мереж, які побудовані на основі технології SDN.

Програмування інфокомунікаційної мережі реалізовується через алгоритми обробки великих об'ємів даних та машинного навчання.

Функціональні можливості на вищезазначених технологіях дозволяють в режимі онлайн отримувати всю необхідну інформацію про потоки даних, що передаються в інфокомунікаційних мережах [7, 8].

Завдання впровадження штучного інтелекту в інфокомунікаційній мережі можна впроваджувати за двома напрямками (типами):

- розпізнавання типу трафіку (розпізнавання атаки на контролер мережі);

- прогнозування зміни контрольованого потоку передачі даних.

Можливе прогнозування рівня навантаження на інфраструктуру з урахуванням вирішення багатокритеріальної задачі, які використовуються для оцінки інфокомунікаційних мереж [9, 10].

На рис. 2 наведено перспективну структурну схему побудови мережі з елементами штучного інтелекту.

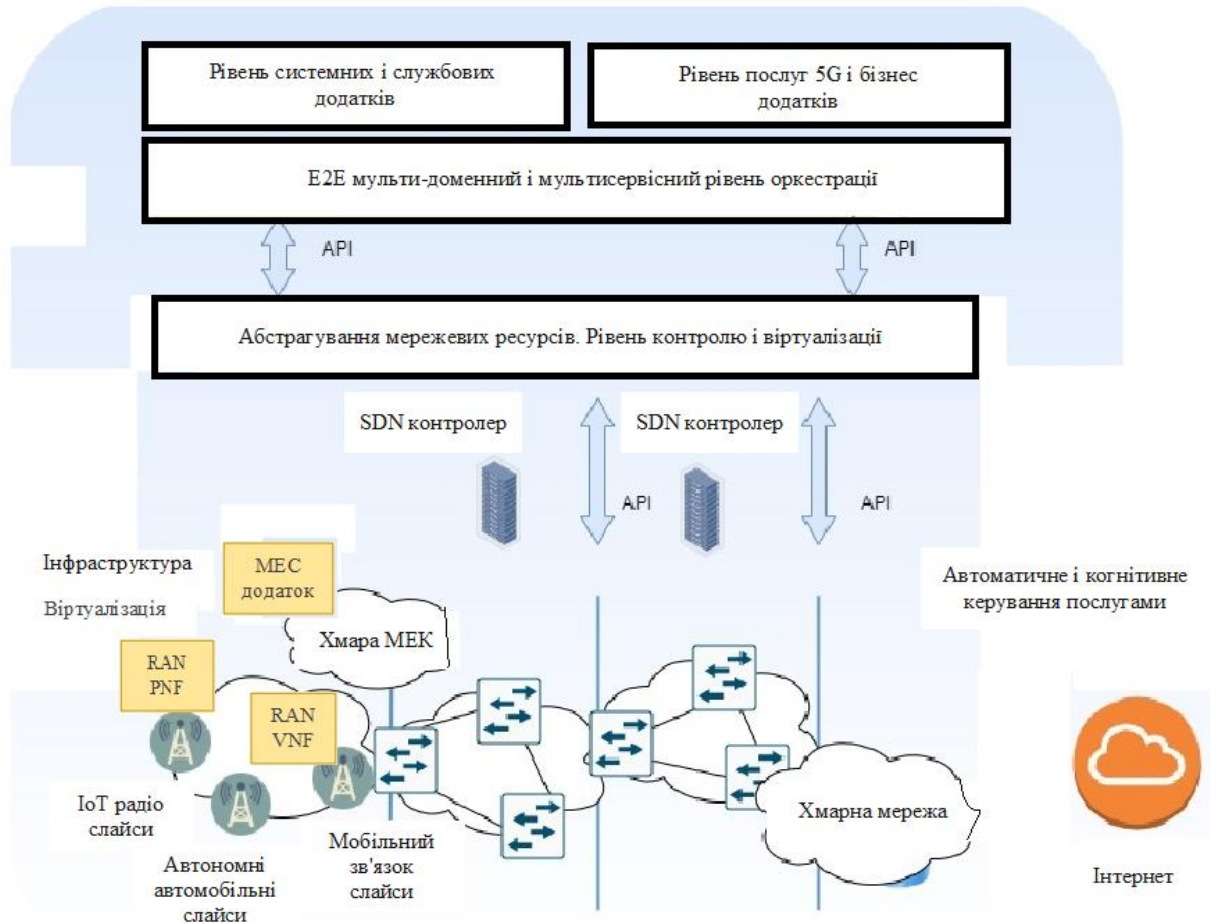


Рис. 2. Перспективна структурна схема побудови мережі з елементами штучного інтелекту

Швидкий розвиток штучного інтелекту, бездротових мереж, машинного навчання безумовно відіграватимуть значну роль у мережах зв'язку п'ятого покоління.

Машинне навчання останнім часом застосовується у віртуальних персональних помічниках при здійсненні відеоспостереження [11], а також при модерації соціальних мереж.

Машинне навчання та штучний інтелект використовують при оцінці пошукових систем, фільтрації спаму, для виявлення шкідливих програм, які надсилаються електронною поштою.

Штучний інтелект у мережах п'ятого та наступних поколінь дозволить забезпечити виконання наступних завдань та функцій, а саме:

- ідентифікацію трафіку у інфокомунікаційній мережі зв'язку, яка забезпечує малі затримки в мережі при цьому не вносячи додаткових затримок у інформаційний потік;
- прогнозування (короткочасне та довготривале) навантаження як на елементи мережі, так і на цілі сегменти;
- постійний і системний онлайн-моніторинг інфокомунікаційної мережі від віртуального потоку даних аж до використання багатопараметричних моделей, які мають сегменти мережі з великою кількістю різнофункціональних пристроїв та систем;
- прогнозування поведінки потоків передавання даних та службових потоків на рівні управління;

- оцінка навантаження на мережну та обчислювальну інфраструктуру з урахуванням трендів зміни профілів трафіку та типів сервісів, порогових характеристик з метою визначення та автоматичного формування пропозиції щодо скорочення або розширення мережі;
- ефективне розподілення радіоресурсів покриття 5G і інших мереж з прогнозуванням навантаження на стільники;
- підвищення якості сигналу за допомогою прогнозних кодеків фізичного рівня;
- прогнозування потреб користувачів у різноманітних послугах;
- виявлення локації та аналіз пересування користувачів, визначення геолокації, формування моделі його вподобань у контенті;
- розпізнавання атак на інфокомунікаційну систему з формуванням і прогнозуванням реакції на можливу таку атаку;
- застосування технологій штучного інтелекту для узгодженого розподілу сервісів мережі на структурах туманних обчислень.

На базі проведеного аналізу пропонується вести дослідження використання штучного інтелекту в мережах з урахуванням децентралізації інфокомунікаційної мережі. При цьому децентралізований і розподілений штучний інтелект у вигляді систем і підсистем, що взаємодіють між собою, є передовою новою стійкою структурою, яка також має можливість автоматичного відновлення, а при необхідності і розширення.

Архітектура використання штучного інтелекту на основі децентралізації представлена на рис. 3. З рис. 3 видно, що у мережі існує диригент функцій машинного навчання. Він виконує функції моніторингу, контролю та передавання відповідних функцій машинного навчання системам управління мережею.

Така архітектура дозволяє реалізувати «розумне місто» або може бути використана при побудові тактильного Інтернету.

Для реалізації таких процесів існують відповідні сховища функцій і модулі машинного навчання, які мігрують при необхідності у відповідну систему управління мережі.

Між диригентом та підконтрольними йому модулями функцій машинного навчання здійснюється безперервний обмін даними, який здійснюється за конвеєрним принципом.

Для забезпечення діяльності на прикладі організації можуть використовуватися такі системи та мережі: автоматизована система менеджменту; автоматизована система керування; система централізованого забезпечення; система обміну повідомленнями; Web - вузол; магістральна телекомунікаційна мережа; корпоративна електронна пошта з доступом користувачів до зовнішнього WEB-серверу шляхом авторизації та автентифікації.

При цьому на кафедрі мобільних та відеоінформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій підготовлено та подано до Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій заявку на винахід щодо вдосконалення існуючих моделей штучного інтелекту, які будуть використовуватися у мережах майбутніх поколінь. Запропонована інноваційна модель відрізняється тим, що вона додатково включає в себе три та більше етапи навчання з підкріпленням, спрямовані на виявлення вдосконалених моделей міркування та узгодження з уподобаннями людини, а також три та більше етапи контрольованого тонкого налаштування, які служать зачатком для можливостей міркувати та не міркувати у моделі, а також враховується функція приросту і функція втрат на кожному етапі функціонування, здійснюється самоперевірка, рефлексія та генерація довгих ланцюгів думок моделі штучного інтелекту.

Таким чином, спосіб побудови моделей штучного інтелекту, який заявляється кафедрою мобільних та відеоінформаційних технологій, відповідає критерію винаходу «новизна» [12].

У запропонованій концепції застосування штучного інтелекту у мережах зв'язку особливо важливим є принцип підходу, який дозволить виділяти функції машинного навчання в незалежні модулі, що взаємодіють як між собою, так і з вищим за ієрархією управляючим модулем.

На сьогодні існує потреба в гнучкості управління інфокомунікаційною мережею а також у незалежному масштабуванні. Наприклад, якщо потрібно збільшити продуктивність інфокомунікаційної мережі або забезпечити нові системи інтелектуальним модулем керування, достатньо розмножити відповідні мікросервіси та зробити їх міграцію у відповідний сегмент мережі, а також задіяти елементи супутникових систем зв'язку.

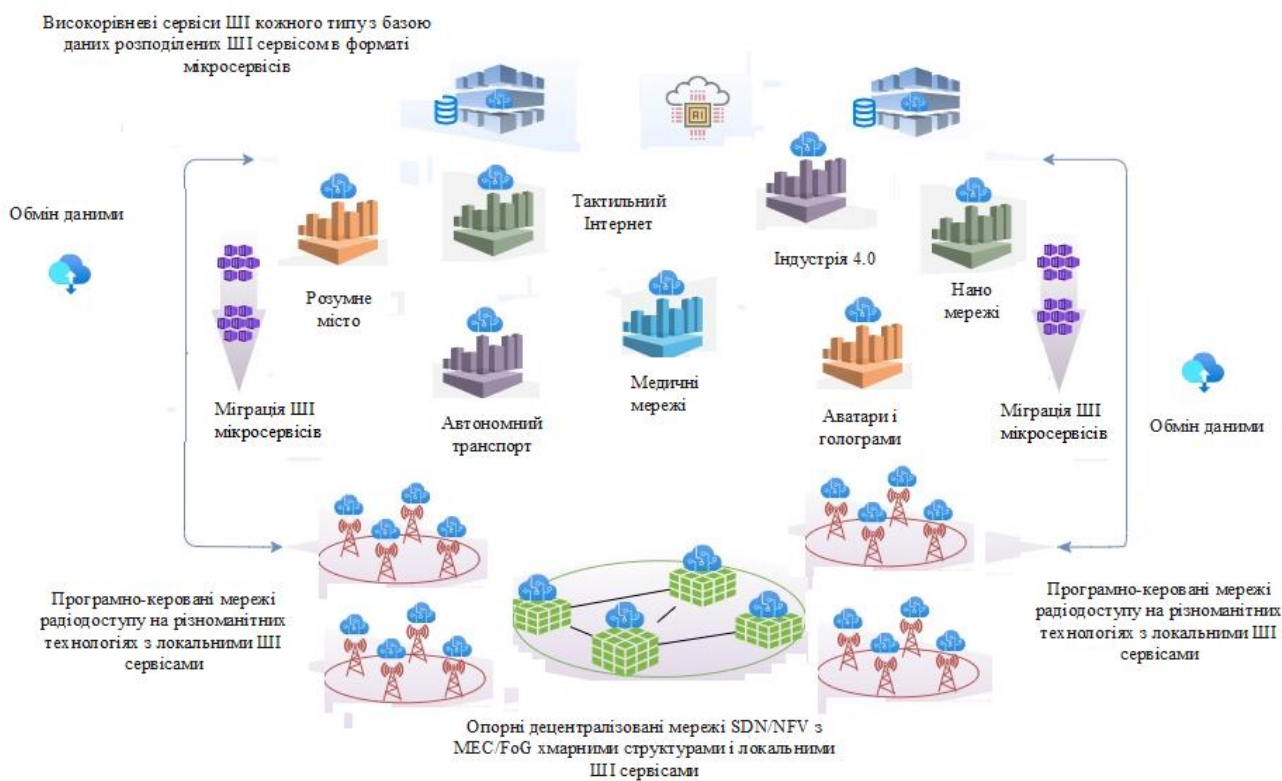


Рис. 3. Архітектура використання штучного інтелекту на основі децентралізації

На рис. 4 показано загальну структуру системи комунікацій Інтернету речей із підтримкою супутників. Для передавання даних від пристроїв Інтернету речей до базових мереж супутників на великій висоті спершу збирають дані від пристроїв Інтернету речей, а потім передають дані на супутникову антену, яка знаходиться на землі і підключена до базових мереж через дротове або бездротове з'єднання. У порівнянні з іншими наземними комунікаціями з підтримкою супутників, такими як супутниковий телефон, очевидно, що головною проблемою реалізації системи комунікацій Інтернету речей із підтримкою супутників є передавання даних між пристроями Інтернету речей і супутниками через апаратні обмеження пристроїв Інтернету речей.

Типовою топологією для передавання даних між пристроями Інтернету речей і супутниками є прямий режим. У цьому режимі пристрої Інтернету речей безпосередньо передають дані супутникам.

Основною особливістю прямого режиму є те, що відстань від пристроїв Інтернету речей до супутників велика. При цьому втрати енергії є одним із головних факторів, що впливають на ефективність супутникових систем зв'язку.

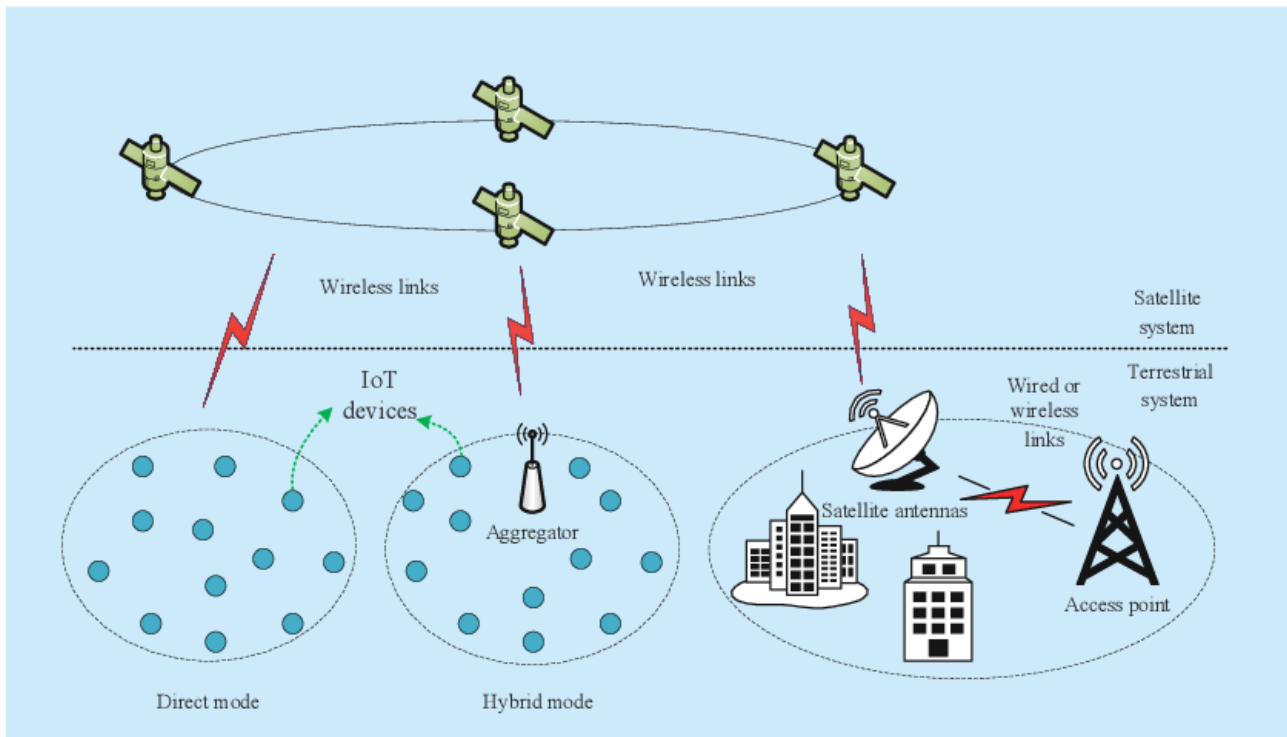


Рис. 4. Загальна структура системи комунікацій Інтернету речей із підтримкою супутників

Основні причини цих втрат пов'язані з атмосферними умовами, затуханням сигналу, орбітальними відхиленнями супутників та характеристиками антен.

Однак, застосування адаптивних систем передавання, оптимізація траєкторій супутників, поліпшення антен та використання сучасних методів корекції помилок і обробки сигналів дозволяють мінімізувати ці втрати та підвищити ефективність супутникових систем зв'язку.

Висновки

У статті досліджено проблеми використання штучного інтелекту у мережах зв'язку п'ятого та послідуєчих поколінь. Інфокомунікаційні мережі п'ятого та послідуєчих поколінь неможливо представити без побудови нової концепції мережі, яка складається із взаємозв'язаних фізичних пристроїв з використанням програмного забезпечення. Програмування забезпечує автоматизацію обміну даними між реальним світом і сучасними автоматизованими робочими місцями, комп'ютерними системами.

Це відбувається за допомогою використання стандартних протоколів. У інфокомунікаційних мережах використовуються виконавчі пристрої, які вбудовані у реальні об'єкти, що пов'язані один з одним через бездротові мережі. Ці взаємопов'язані пристрої інфокомунікаційних мереж мають можливість зчитування та приведення в дію функцій програмування та ідентифікації. Використання штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє виключити необхідність участі людини, підвищити надійність мереж, виключити людський фактор за рахунок використання інтелектуальних інтерфейсів.

На основі науково-дослідних досягнень у галузі використання штучного інтелекту для мереж зв'язку запропоновано концепцію створення розподіленого штучного інтелекту.

Дослідження щодо застосування технологій штучного інтелекту у мережах зв'язку особливо актуальні сьогодні і актуальність ця зберігатиметься до нових технологій у галузі мереж зв'язку та безпечного і усвідомленого використання штучного інтелекту.

Для розгляду технології використання штучного інтелекту, який пов'язаний з фізичною дією або подією, в мережах зв'язку п'ятого та послідуєчих поколінь потрібно насамперед оцінити базові принципи, ключові завдання, а також найсучасніші підходи та рішення.

При цьому подальшим напрямком досліджень може бути нормування та безпека технологій використання штучного інтелекту у мережах зв'язку п'ятого та послідуєчих поколінь.

Список літератури

1. Толубко В. Б., Беркман Л. Н., Крючкова Л. П., Ткачов А. Ю. Підвищення показників якості системи управління послугами мережами майбутнього / В // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. 2018. № 3. С. 5-11.
2. Taleb T. On Multi-Access Edge Computing: A Survey of the Emerging 5G Network Edge Cloud Architecture and Orchestration / T. Taleb, K. Samdanis, B. Mada, H. Flinck, S. Dutta, D. Sabella, // IEEE Commun. Surv. Tutor., vol. 19, no. 3, 2017. P. 1657 - 1681.
3. Liu Y. Unmanned aerial vehicle for internet of everything: Opportunities and challenges / Y. Liu, H.-N. Dai, Q. Wang, M. K. Shukla, M. Imran // Comput. Commun. 2020. vol. 155, P. 66 - 83.
4. Shehzad K. Backhaul-aware intelligent positioning of UAVs and association of terrestrial base stations for fronthaul connectivity / M. Shehzad, A. Ahmad, S. Hassan, H. Jung // IEEE Trans. Netw. Sci. Eng., 2021. vol. 8, no. 4, P. 2742 - 2755.
5. Архітектурна основа для машинного навчання в майбутніх мережах, включаючи IMT- 2020. ITU-T, Женева. – 2019.
6. Lu H. Edge QoE: Computation offloading with deep reinforcement learning for Internet of Things. / H. Lu, X. He, M. Du, X. Ruan, Y. Sun, K. Wang // IEEE Internet Things J. 2020. № 7. P. 9255-9265.
7. Mao Y. A survey on mobile edge computing: The communication perspective. / Y. Mao, C. You, J. Zhang, K. Huang, B. Letaief // IEEE Commun. Surv. Tutorials. - 2017. - № 19. - P. 2322 - 2358.
8. Функціональна архітектура забезпечення якості обслуговування на основі машинного навчання для мережі IMT- 2020. ITU-T, Женева. – 2020.
9. Структура обробки даних для забезпечення машинного навчання в майбутніх мережах, включаючи IMT -2020. ITU-T, Женева. – 2020.
10. Інтеграція ринку машинного навчання в майбутні мережі, включаючи IMT - 2020. ITU-T, Женева. – 2020.
11. Структура програмно-визначених мереж. ITU-T, Женева. – 2014.
12. Блаженний Н. В., Туровський О. Л., Руденко Н. В., Макаренко А. О., Дакова Л. В. Спосіб побудови моделей штучного інтелекту. Заявка на видачу патенту u202500403. МПК 7 G 02 F 1/157 заявл. 31.01.2025.

N. Galagan, V. Kravchenko, N. Blazhenyi, O. Sazonov

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FIFTH-GENERATION AND SUBSEQUENT GENERATION COMMUNICATION NETWORKS

The article is devoted to the consideration of the technology of using artificial intelligence in communication networks of the fifth and subsequent generations, where it is necessary to first of all evaluate the basic principles, key tasks, as well as the most modern approaches and solutions. It is proved that the use of artificial intelligence forms a reaction to the real world factor. At the same time, in infocommunication networks the requirements of very reliable networks with ultra-low delays must be implemented, while ensuring the growing amount of traffic of inter-machine communications in the infocommunication network.

Networks of the next generations must control and manage a large number of modern and innovative services, to which high requirements are imposed on the quality of user service, as well as the requirements of the tactile Internet, the implementation of sensitive perception, the implementation of the telepresence effect.

Therefore, when considering the aspects of the feasibility of using artificial intelligence, it is first necessary to consider its basic properties.

The innovative approach used at the Department of Mobile and Video Information Technologies to improve existing and promising artificial intelligence models that will be used in fifth-generation and subsequent generation networks is highlighted. An innovative model is considered, which additionally includes three or more stages of reinforcement learning aimed at identifying improved reasoning models and matching them with human preferences, as well as three or more stages of controlled fine-tuning, which serve as the basis for the ability to reason and not reason in the model, and the gain function and loss function are taken into account at each stage of functioning, self-checking, reflection and generation of long chains of thoughts of the artificial intelligence model are carried out.

Keywords: artificial intelligence; Internet of Things; "smart home"; network service; tactile Internet; radio access networks.