

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖАХ 5G ЗА РАХУНОК ТЕХНОЛОГІЙ САМООРГАНІЗАЦІЇ

Бондарчук А.П.

*Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Україна,
Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря
Сікорського, Україна.
E-mail:dekan.it@ukr.net*

INCREASING THE EFFICIENCY OF INFORMATION TRANSMISSION IN 5G NETWORKS THROUGH SELF-ORGANIZATION TECHNOLOGIES

The article examines the role of self-organizing technologies in 5G networks. It highlights key challenges and opportunities related to automated network management, including resource optimization, latency minimization, and data transfer efficiency improvement. It analyzes modern machine learning methods used for self-configuration and self-optimization of networks.

З розвитком мобільного зв'язку та впровадженням технологій 5G зростає потреба у високоефективних, гнучких і автономних мережних системах управління і забезпечення ефективності передачі інформації.

Самоорганізовані мережі (Self Organizing Network - SON) є перспективним рішенням, що забезпечує автоматичну конфігурацію, оптимізацію та відновлення мережеских ресурсів без ручного втручання. SON активно використовується в мережах LTE (4G). Для мереж 5G SON має використовувати нові підходи такі як машинне навчання (ML) і штучний інтелект (AI). Крім того, ми представляємо та коментуємо останні пропозиції щодо розгортання SON у мережах 5G. Типові приклади включають поєднання систем SON із такими методами, як віртуалізація мережеских функцій (NFV), Cloud RAN (C-RAN), наднадійні комунікації з низькою затримкою (URLLC), масовий зв'язок машинного типу (mMTC) для IoT.

Технологія SON усуває процеси, які займають багато часу, а саме, ручні процеси при експлуатації мереж, підвищує експлуатаційну ефективність і дозволяє операторам впроваджувати нові технології і розширювати мережі швидше, ніж до цього. Рішення SON підвищує ефективність експлуатації існуючих мереж за рахунок їх автоматичної установки для процесів хендвера, балансування навантаження мобільного трафіку і мінімізацію ручного тестування та налаштування. Крім того, за рахунок компенсуючих функцій і самовідновлення мінімізується перерва в роботі мережі для кінцевих користувачів. Особливістю SON є підтримка конфігурації за принципом "plug & play", тобто "приєднав і працює", відсутність необхідності у виклику фахівців для установки програмного забезпечення і його налаштування для роботи в мережі. Автоматична конфігурація повністю позбавить від витрат на локальні настройки, а автоматичне розпізнавання сусіднього вузла значно знизить витрати на оптимізацію.

До основних можливостей SON можна віднести самоконфігурацію та самооптимізацію. Процес самоконфігурації – це процес, при якому тільки що розгорнуті нові вузли автоматично, в процесі налаштування, конфігуруються шляхом отримання необхідної для роботи базовій конфігурації, тобто відбувається автоматичне введення в експлуатацію. Функція ANR (Automatic Neighbor Relations) – автоматизація відносин між сусідами, автоматичне виявлення та налаштування сусідніх базових станцій без ручного втручання. Ще одна функція Автоматична конфігурація радіомережі - початкове налаштування нових базових станцій, включаючи параметри частотного планування, потужності сигналу та ідентифікації. Дана функція дозволяє швидше адаптувати мережу до змін. Мобільні мережі 5G складаються з великої кількості базових станцій, які не можуть бути тільки під контролем оператора, тому функція самоконфігурації забезпечить мережу гнучкістю.

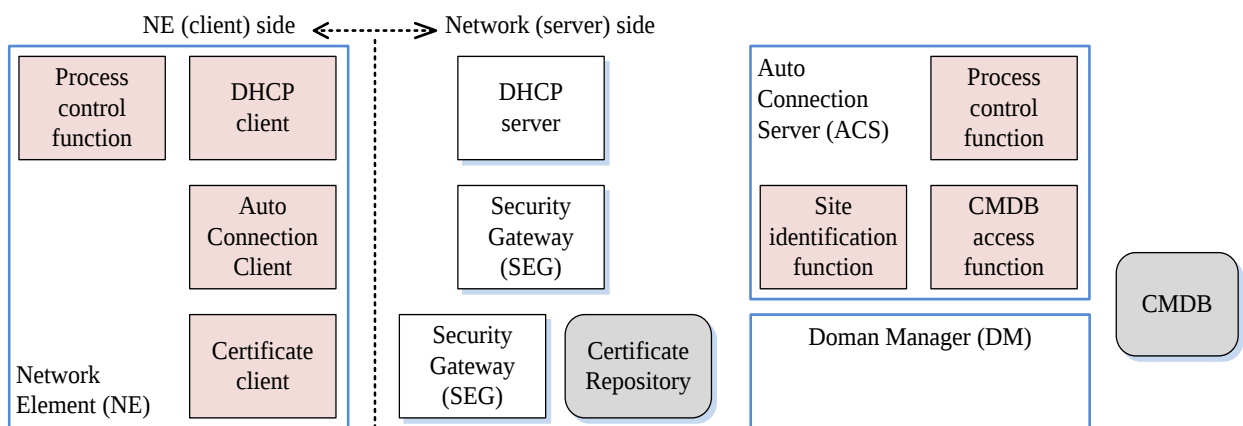


Рис. 1. Процес автоматизації взаємозв'язку між сусідніми сегментами мережі.

Процес самооптимізації визначено як процес, під час якого призначене для користувача устаткування і базова станція проводять вимірювання, результати яких використовуються для автонастройки мережі. Процес самооптимізації полягає в отриманні результатів вимірювань або контролю від обладнання користувача і мережного обладнання та за допомогою зовнішніх засобів оптимізації проводиться автоматичне підстроювання конфігураційних даних для оптимізації мережі. Ключовою функцією SON є оптимізація балансування навантаження мобільності. Mobility Load Balancing (MLB) – це функція SON, яка рівномірно розподіляє навантаження між базовими станціями, щоб уникнути перевантаження окремих комірок. Вона працює шляхом моніторингу навантаження, виявлення перевантажених сот і перенаправлення частини користувачів до менш завантажених сусідніх станцій. Це досягається коригуванням параметрів хендовера або зміною потужності передавачів. MLB покращує якість обслуговування, зменшує затримки та підвищує швидкість передачі даних. У мережах 5G ця функція використовує штучний інтелект для більш точного прогнозування і балансування трафіку.

Залежно від місця алгоритмів оптимізації SON можна розділити на три класи: централізовані, розподілені і гібридні. У централізованих SON

алгоритми оптимізації виконуються в системі управління, в розподілених SON виконуються в eNB. У гібридних SON частина алгоритмів оптимізації виконується в системі управління, а інша частина на базовій станції eNB.

Машинне навчання, як складова штучного інтелекту, відіграє ключову роль у системах SON, оскільки всі їхні функції базуються на інтелектуальних алгоритмах ML, що аналізують реальні мережеві дані для прийняття рішень щодо оптимізації та створення виконуваних сценаріїв. Вже зараз машинне навчання застосовується для самовідновлення та самооптимізації, наприклад, через самоорганізуючі карти (SoM), які здійснюють кластеризацію даних та групують стільники за схожими мережними параметрами для узгоджених змін. Навчання з підкріпленням (RL) ефективно для обслуговування автономних IoT-пристроїв, маршрутизації трафіку та самооптимізації, оскільки базується на взаємодії вузлів та використанні функції винагороди для оцінки ефективності. Глибоке навчання з підкріпленням є перспективним розвитком RL, що дозволяє покращити процеси прийняття рішень у 5G-мережах, підвищуючи їхню адаптивність та ефективність.

До подальших напрямків досліджень SON для 5G можна віднести:

- Розробку платформ Virtual SON (V-SON), а також прив'язування SON до C-RAN.
- Розробку нових алгоритмів ML і прив'язка SON до великих даних і технологій глибокого навчання.
- Поєднання SON із ключовими засобами підтримки 5G eMBB, такими як mmWave.
- Реалізацію SON в мережних інфраструктурах IoT і міжмашинною взаємодією (mMTC).

Висновок: Технології самоорганізації відіграють ключову роль в автоматизації мобільних мереж, забезпечуючи ефективне управління ресурсами та оптимізацію процесів за допомогою алгоритмів машинного навчання (ML). Вони дають змогу мережі автоматично налаштовуватися, адаптуватися та відновлюватися без ручного втручання, що підвищує її ефективність і надійність. Використання ML дозволяє аналізувати великі обсяги даних у реальному часі, приймати обґрунтовані рішення та динамічно коригувати параметри мережі. Це сприяє зменшенню затримок, зниженню експлуатаційних витрат і покращенню якості послуг для користувачів. Надалі розвиток алгоритмів самоорганізації стане визначальним фактором для підвищення автономності та продуктивності мобільних мереж.

Література

1. Papidas, A.G.; Polyzos, G.C. Self-Organizing Networks for 5G and Beyond: A View from the Top. *Future Internet* 2022, 14, 95. <https://doi.org/10.3390/fi14030095>
2. Бондарчук А.П. Самозахист як пріоритетний напрям розвитку інфокомунікацій «Сучасний захист інформації». – Київ: ДУІКТ, 2013 – №1. – С.11-15.
3. 3GPP TR 28.861, V0.2.0 (2018–11). Study on the Self-Organizing Networks (SON) for 5G networks (Release 16). 3 February 2022.