

МОБІЛЬНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ МН ТА ШІ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто сценарій використання алгоритмів ШІ та МН в системах 6G. Досліджено багатоетапне використання алгоритмів ШІ та МН як компонентів в ланцюжку блоків приймально-передавальних пристроїв для покращення продуктивності, ефективності та оптимізації мобільних систем.

Ключові слова: алгоритм ШІ та МН, мобільна мережа 6G, оптимізації мережі 6G, канальний рівень мережі, мережний рівень системи, приймально-передавальний пристрій, оптимізація мобільних систем.

Abstract

The scenario of using AI and ML algorithms in 6G systems is considered. The multi-stage use of AI and ML algorithms as components in the chain of transceiver units to improve the performance, efficiency and optimization of mobile systems is investigated.

Keywords: AI and ML algorithm, 6G mobile network, 6G network optimization, network link layer, network system layer, transceiver, mobile system optimization.

Вступ

Використання ШІ може допомогти вирішувати проблеми з підвищенням продуктивності, покращенням безпеки та управлінням ресурсами мережі. У системах 6G передбачається використання алгоритмів ШІ для автоматизації та покращення управління різними аспектами мережі, такими як адаптація до змінних умов, оптимізація використання ресурсів та виявлення і запобігання відмовах в мережі. Прикладами застосування алгоритмів ШІ в системах 6G є визначення оптимальних маршрутів, планування використання ресурсів мережі та автоматичне управління мережевим обладнанням [1].

Метою роботи є дослідження мобільних систем 6G, яка полягає в багатоетапному використанні алгоритмів ШІ та МН як компонентів в ланцюжку блоків приймально-передавальних пристроїв для покращення продуктивності, ефективності та оптимізації сучасних мереж.

Основна частина

У стільникових мережах фізичний рівень відповідає за передачу сигналу між станцією базової мережі та мобільними телефонами або іншими пристроями зв'язку. Основною метою фізичного рівня є досягнення надійної передачі даних по бездротовому каналу. Для цього використовуються різні технології модуляції та кодування, щоб зменшити вплив шуму та спотворень сигналу. Крім того, важливо правильно розподіляти доступні ресурси, такі як пропускна здатність та частотні канали, між користувачами, щоб забезпечити ефективну передачу даних та уникнути перевантаження мережі. До інших завдань фізичного рівня в стільникових мережах можна віднести забезпечення стійкості передачі даних при зміні умов каналу, таких як зміна відстані між пристроями або зміна середовища передачі, а також забезпечення конфіденційності та безпеки передачі даних. У цілому, фізичний рівень відіграє важливу роль у забезпеченні надійного та ефективного зв'язку в стільникових мережах.

Передавач у бездротовій комунікації включає в себе обробку базової смуги частот та обробку радіочастот. Обробка базової смуги частот включає такі процеси, як кодування каналу, модуляція, OFDM (ортогональна частотна модуляція) та MIMO (множинний вхід-множинний вихід). Кодування каналу використовується для забезпечення надійної передачі даних через бездротовий канал, де дані кодуються за допомогою спеціальних кодів, які дозволяють виявити та виправити помилки під час передачі. Модуляція використовується для передачі даних за допомогою радіохвиль, де дані кодуються в частотному або фазовому зміщенні сигналу. OFDM та MIMO використовуються для підвищення пропускної здатності каналу та зменшення впливу шуму та спотворень сигналу [2]. Обробка радіочастот включає такі елементи, як малошумний підсилювач (LNA), змішувач та підсилювач по-

тужності (PA). LNA використовується для підсилення слабкого радіосигналу, що отримується від приймача. Змішувач використовується для змішування радіосигналу зі змінною частотою з іншим сигналом, що генерується власним генератором частоти. PA використовується для підсилення сигналу та передачі його через антену в бездротовий канал. Усі елементи передавача допомагають забезпечити ефективну та надійну передачу даних в бездротовій комунікації. Приймач у бездротовій комунікації відновлює вихідні дані з отриманих даних, включаючи погіршення каналу, такі як шум, завмирання та перешкоди. Приймач включає в себе декодер каналу, який використовується для відновлення оригінального сигналу зі спотворених даних, що отримуються від передавача. Декодер каналу використовує різноманітні алгоритми, такі як декодування, демодуляція та демаркування, щоб відновити оригінальний сигнал зі спотворених даних. При цьому, алгоритми ШІ та МН можуть відігравати важливу роль в оптимізації фізичного рівня телекомунікаційних мереж. Зокрема, алгоритми ШІ можуть бути використані для аналізу трафіку в мережі, що дозволяє здійснювати більш ефективний контроль ресурсів мережі. Наприклад, алгоритми ШІ можуть використовуватися для автоматичного виявлення збоїв в мережі та прогнозування навантаження на мережу, що дозволяє операторам мережі вчасно реагувати на проблеми та зменшувати час відновлення послуг для користувачів. МН може бути використаний для автоматичної оптимізації параметрів мережі, таких як потужність передачі сигналу та розташування антен, що дозволяє покращити якість зв'язку та знизити енергоспоживання мережі. Наприклад, МН може використовуватися для визначення оптимального розташування антен на вежах, що забезпечить краще покриття території та зменшить кількість блокованих дзвінків [3]. Таким чином, використання алгоритмів ШІ та МН може допомогти операторам телекомунікаційних мереж покращити якість та надійність послуг для користувачів, зменшити час відновлення послуг у разі збоїв та знизити енергоспоживання мережі. Отже, подолання завад є важливим аспектом проектування фізичного рівня телекомунікаційних систем. Завади, такі як шум каналу, завмирання, завади, дисбаланс IQ, фазовий шум, тепловий шум і спотворення радіочастотних пристроїв, можуть значно впливати на якість зв'язку та спричиняти перерви в передачі даних.

Для подолання шумів та завад використовуються різноманітні техніки, такі як кодування, модуляція, декодування, корекція помилок та фільтрація. Кодування дозволяє збільшити стійкість до помилок, що зменшує вплив шумів та завад на передачу даних. Модуляція дозволяє ефективніше використовувати доступну пропускну здатність каналу, що дозволяє забезпечити кращу якість зв'язку. Декодування дозволяє відновити передану інформацію від корисного сигналу, який було змодульовано, що зменшує вплив завад. Корекція помилок дозволяє виявляти та виправляти помилки в переданій інформації. Фільтрація дозволяє зменшити вплив шумів та завад на передачу даних шляхом зниження рівня шумів та завад на приймачі.

Таким чином, для подолання шумів та завад в проектуванні фізичного рівня телекомунікаційних систем використовуються різноманітні техніки та методи, які дозволяють забезпечити кращу якість зв'язку та підвищити надійність передачі даних. Знаходження оптимального дизайну у блокчейні фізичного рівня може бути складним завданням, оскільки блокчейн-технології мають свої особливості та вимоги, які можуть суперечити вимогам фізичного рівня телекомунікаційних систем. Наприклад, основною характеристикою блокчейну є розподілена база даних, яка зберігається на вузлах мережі. Це може вимагати використання більш складних мережевих топологій та протоколів, щоб забезпечити безпеку та стійкість мережі. Також, обчислювальна потужність, необхідна для забезпечення роботи блокчейну, може бути дуже високою, що може вимагати використання потужних пристроїв, які можуть вплинути на витрати енергії та вартість. Однак, деякі дослідження показують, що блокчейн-технології можуть мати потенційний вплив на фізичний рівень телекомунікаційних систем, зокрема, на забезпечення безпеки та стійкості мережі, розподілене керування ресурсами та управлінням споживання енергії [4]. Отже, знайти оптимальний дизайн у блокчейні фізичного рівня може бути викликом, але застосування блокчейн-технологій може мати потенційну користь для телекомунікаційних систем. Таким чином, алгоритми ШІ та МН можуть допомогти у пошуку оптимального спільного дизайну між апаратним та програмним забезпеченням. Ці алгоритми можуть використовуватися для аналізу різних конфігурацій апаратного та програмного забезпечення та для пошуку найкращих параметрів, що можуть дати оптимальні результати в різних умовах використання.

При виконанні завдань ШІ та МН в мережах IoT, може виникнути проблема недостатньої обчислювальної потужності сенсорних вузлів, що може призвести до додаткового використання мережевих ресурсів та високого енергоспоживання. Для розв'язання цієї проблеми можна використовувати розподілену обробку даних, коли завдання розбивається на менші частини, які виконуються на різних

вузлах мережі. Також можна використовувати методи компресії даних та видалення зайвої інформації, що допоможе зменшити обсяг переданих даних та знизити вимоги до мережевих ресурсів. Для зменшення енергоспоживання можна використовувати методи енергозбереження на сенсорних вузлах, такі як сонячні батареї або методи оптимізації використання енергії. Також можна використовувати механізми для зменшення частоти передачі даних, коли вони не потрібні в режимі реального часу [3].

Узагалі, ефективність та енергозбереження в мережах IoT є важливими факторами, які слід враховувати при виконанні завдань ШІ та МН в мережах IoT. Зокрема, в розподілених мережах, обчислювальні блоки, блоки розподілу та блоки зберігання даних можуть бути розділені, що може бути проблемою для подолання. Розподілені мережі можуть бути реалізовані з використанням різних протоколів та алгоритмів, таких як алгоритм консенсусу, який дозволяє вирішувати проблеми, пов'язані з надійністю та цілісністю даних в розподіленій мережі. Проте, існують деякі проблеми, пов'язані з розділенням обчислювальних блоків та блоків зберігання даних. Наприклад, коли обчислювальний блок та блок зберігання даних знаходяться на різних вузлах мережі, може виникнути проблема зі синхронізацією даних та керуванням доступом до цих даних. Ще однією проблемою може бути висока латентність, тобто затримка в передачі даних між різними вузлами мережі. Це може бути особливо проблематично в тих випадках, коли обчислювальний блок має взаємодіяти з даними, які зберігаються на іншому вузлі мережі. Окрім того, розподілені мережі можуть піддаватись різним видам атак, таким як атаки на вузли, атаки на канали зв'язку, атаки на протоколи зв'язку [4]. Тому важливо забезпечити безпеку мережі та даних, які обробляються в розподіленій мережі. Крім того, використання ШІ та МН алгоритмів у гетерогенних середовищах може призвести до погіршення продуктивності мережі через ряд причин. Перш за все, розгортання алгоритмів ШІ та МН у гетерогенних мережах може збільшити завантаження мережевих ресурсів, що призводить до зменшення ефективності використання ресурсів та затримок у передачі даних. Крім того, різні пристрої у гетерогенній мережі можуть мати різні обчислювальні можливості та пропускні здатності, що може створювати нерівномірне навантаження на різних пристроях. Це може призвести до зниження ефективності мережі та збільшення затримок у передачі даних. Для покращення продуктивності мережі можуть бути застосовані різні стратегії, такі як балансування навантаження, оптимізація маршрутизації та використання механізмів кешування даних [5].

Отже, потрібен уніфікований інтерфейс, який зможе значно полегшити розгортання та використання глибоких нейронних мереж у розподілених обчислювальних середовищах. Одним з прикладів такого інтерфейсу є TensorFlow, що є відкритим програмним забезпеченням для розробки та розгортання глибоких нейронних мереж. TensorFlow надає уніфікований інтерфейс для побудови та навчання моделей глибокого навчання, а також підтримує розгортання моделей на різних платформах та у розподілених середовищах, таких як кластери та хмарні обчислення. Інші приклади таких інтерфейсів включають PyTorch та Keras. Такі інтерфейси допомагають забезпечити стандартизацію та спрощення розгортання глибоких нейронних мереж, знижуючи складність та вартість розробки та розгортання систем ШІ та МН.

Висновки

Застосування алгоритмів ШІ та МН дозволяє знайти оптимальне поєднання апаратного та програмного забезпечення для покращення продуктивності мереж 6G. Крім того, ці алгоритми дозволяють системам самооптимізуватися та самонавчатися на основі зібраних даних, що забезпечує більш ефективну роботу мереж та розробку нових сервісів з урахуванням потреб користувачів. Отже, використання алгоритмів ШІ та МН в системах 6G може значно покращити їх продуктивність та забезпечити більш ефективне використання ресурсів.

Досліджено, що алгоритми ШІ та МН можуть бути використані для оптимізації розподілу ресурсів мережі, що дозволить забезпечити кращу продуктивність та якість обслуговування користувачів. Також вони можуть бути застосовані для планування передачі даних в мережі, агрегації несучих сигналів для підвищення пропускну здатності та ефективності, а також для забезпечення плавного хендоверу між базовими станціями при переміщенні користувачів в мережі.

Показано, що алгоритми ШІ та МН можуть бути корисними на мережевому рівні для різних функцій. Наприклад, вони можуть допомогти в знаходженні оптимального шляху для передачі даних, виборі оптимальних обслуговуючих осередків, прогнозуванні мережевого трафіку, виявленні несправ-

ностей в мережі, класифікації мережевого трафіку та забезпеченні належної якості обслуговування. Алгоритми ШІ та МН можуть забезпечити автоматизоване управління мережею і зробити його більш ефективним та точним.

Досліджено технічні виклики пов'язані з 6G. Низька затримка зв'язку E2E та висока пропускна здатність в надщільних мережах (UDN) - це два основних виклики для 6G. Також, різноманітне розгортання мережі, гнучкість з використанням розподілених систем по всій мережі від периферії до ядра, ефективний зв'язок і мережі на основі ШІ або МН, економічно ефективні мережеві рішення для сталого розвитку суспільства, безперешкодне підключення наземних, супутникових мереж і мереж на базі БПЛА, управління мобільністю в периферійних мережах, віртуалізація мереж і хмарні технології, нова стратегія використання спектра між неліцензованими і ліцензованими діапазонами і нові технології фізичного рівня, такі як ТГц-зв'язок, розподілений масивний МІМО також є важливими технічними викликами.

Отже, багато технологій 5G можуть бути перенесені на системи 6G і використовуватися як базові технології, що дозволяють розширювати межі майбутніх систем зв'язку. Зокрема, технології Massive MIMO, багатокористувацький MIMO, багаторівневий QAM, OFDM, багат шаровий підхід, високоефективні коди з декодуванням до степеня і багато інших можуть бути використані в системах 6G для підвищення пропускної здатності, зменшення затримок, забезпечення якості обслуговування та збільшення спектральної ефективності. Проте, також будуть потрібні нові технології, щоб відповісти на нові виклики, що виникають у системах 6G. Для систем 6G передбачається потреба у більш широкій смузі частот, ніж для систем 5G. Це пов'язано з тим, що високі частоти мають великий потенціал для передачі великих обсягів даних з високою швидкістю. Проте, високочастотні смуги також мають більш обмежену дальність поширення сигналу та меншу проникливість у будівлі та інші перешкоди. Тому наступна генерація мереж повинна забезпечувати не тільки широку смугу частот, але й більшу дальність зв'язку та підвищену ефективність в умовах завад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ITU-T, FG NET-2030 Technical Report on Network 2030. Additional Representative Use Cases and Key Network Requirements for Network 2030 (June 2020)
2. W. Tang, X. Li, J.Y. Dai, S. Jin, Y. Zeng, Q. Cheng, T.J. Cui, Wireless communications with programmable metasurface: transceiver design and experimental results. J. China Commun. 16(5), 46–61 (2019)
3. М. Васильківський, О. Болдирева, Г. Варгатюк, і М. Будащ, «Керування телекомунікаційними мережами з використанням технологій AI/ML», ВОТТП, вип. 1, с. 89–100, Бер 2023. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-13>
4. М. Васильківський, О. Городецька, Б. Климчук, і В. Говорун, «Стратегії технологічного розвитку апаратного забезпечення інфокомунікаційних радіомереж», ІТКІ, вип. 56, вип. 1, с. 83–91, Бер 2023. <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2023-56-1-83-91>
5. Васильківський, М., Болдирева, О., Онищук, Д., & Гнатенко, Ю. (2023). Динамічна інформаційна мережа з вбудованим штучним інтелектом. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, (50), 36-45. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-50-05>

Якубівська Наталя Володимирівна — студентка групи ТКС-21мсз, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nakubivska@gmail.com

Дудич Олег Андрійович — студент групи ТКР-22мс, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olegdudic14@gmail.com

Кирилюк Микола Сергійович — студент групи ТКР-22мс, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 1mkolakurulyk@gmail.com

Науковий керівник: **Васильківський Микола Володимирович** — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Yakubivska Natalia V. - student of the group TKS-21msz, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nakubivska@gmail.com

Dudych Oleg A. - student of the TKR-22ms group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olegdudic14@gmail.com

Kirilyuk Mykola S. - student of the TKR-22ms group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 1mkolakurulyk@gmail.com

Supervisor: **Vasylykivskiy Mykola V.** — candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Information Communication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia