

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ФІЗИЧНОГО РІВНЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено інтелектуальне проектування фізичного рівня телекомунікаційних мереж на основі застосування технологій штучного інтелекту (ШІ) для оптимізації та підвищення продуктивності мережі. Розглянуто особливості реалізації алгоритмів ШІ для покращення продуктивності проектування телекомунікаційних мереж.

Ключові слова: проектування фізичного рівня мобільних мереж, структура наскрізного фізичного рівня, штучний інтелект, характеристика бездротового каналу.

Abstract

The article investigates the intelligent design of the physical layer of telecommunication networks based on the use of artificial intelligence (AI) technologies to optimize and improve network performance. The features of the implementation of AI algorithms to improve the productivity of telecommunication network design are considered.

Keywords: design of the physical layer of mobile networks, structure of the end-to-end physical layer, artificial intelligence, wireless channel characteristics.

Вступ

Основна мета фізичного рівня в бездротових мережах полягає в забезпеченні надійного та ефективного з'єднання для передачі даних. Це досягається шляхом використання різних технологій та методів, які включають: моделювання бездротових каналів, де фізичний рівень аналізує характеристики бездротових каналів, такі як шум, спотворення та згасання сигналу, що дозволяє розробляти моделі для передачі сигналу та передбачати його зміну в різних умовах передачі; проектування сигналу для передачі, де фізичний рівень визначає параметри сигналу, такі як частота, амплітуда, фаза та модуляція для ефективної передачі даних, що дозволяє досягнути максимальної пропускної здатності та мінімізувати спотворення сигналу; виявлення ослабленого сигналу, де фізичний рівень виявляє ослаблені сигнали, які можуть виникати через завади, шуми, що дозволяє виявити слабкий сигнал та забезпечити його прийом та обробку; пом'якшення наслідків погіршення якості каналу, де фізичний рівень застосовує різні методи та алгоритми для пом'якшення наслідків погіршення якості каналу, зокрема корекцію помилок, використання кодування, інтерлейсінгу та інших методів для поліпшення якості сигналу та зниження його спотворення [1].

Метою роботи є реалізація алгоритмів штучного інтелекту для покращення продуктивності інтелектуального проектування телекомунікаційних мереж.

Основна частина

Основні характеристики, які AI може принести на фізичний рівень, включають: підхід, керований даними, де AI може використовувати великі обсяги даних для навчання та прийняття розумних рішень та виявляти складні залежності і патерни, які можуть бути недосяжними для традиційних аналітичних методів; високий паралелізм, де AI може працювати з багатьма обчисленнями одночасно, що дозволяє йому ефективно обробляти великі обсяги даних та швидко реагувати на змінні умови зв'язку; адаптованість до апаратного забезпечення обчислень, де AI може бути ефективно реалізований на сучасних апаратних платформах, включаючи графічні процесори та спеціалізовані пристрої, що до-

зволяє використовувати потужність обчислень для вирішення складних завдань; гнучкість, де AI може адаптуватися до змінного середовища зв'язку, виявляючи та аналізуючи нові умови та залежності, що дозволяє покращити продуктивність та ефективність бездротової системи в реальному часі [2].

Алгоритми AI на фізичному рівні можуть впливати на різні аспекти бездротових систем, включаючи модуляцію, кодування каналу, управління потужністю, оцінку каналу та зменшення завад. Вони можуть оптимізувати ці компоненти для досягнення вищої продуктивності, кращої якості зв'язку та зниження витрат на експлуатацію.

При використанні алгоритмів штучного інтелекту на фізичному рівні мобільних мереж можна досягти покращеної продуктивності та енергоефективності. Навчені алгоритми можуть працювати швидше і споживати менше енергії порівняно з традиційними алгоритмами, що базуються на математичних моделях. Вони можуть компенсувати обмеження та недоліки традиційних бездротових систем і дозволити досягти кращої продуктивності та ефективності мережі. Загалом, впровадження алгоритмів штучного інтелекту на фізичному рівні відкриває нові перспективи для оптимізації та покращення бездротових систем зв'язку, забезпечуючи ефективне управління ресурсами та створення нових послуг для користувачів [3].

Алгоритми штучного інтелекту можуть використовувати попередні знання та модель фізичного рівня для покращення продуктивності і скорочення часу навчання. Це дозволяє знайти баланс між використанням математичних моделей та алгоритмів на основі даних. У фізичних рівнях бездротових систем, таких як виявлення сигналу, кодування каналу, синхронізація, модуляція і т. д., кожен модуль може бути оптимізований локально. Однак, глобальна оптимізація всіх модулів може бути викликом, оскільки бездротовий канал є змінним і мобільні пристрої працюють у різних умовах. Тут можуть допомогти алгоритми штучного інтелекту [4].

Алгоритми штучного інтелекту здатні навчитися з великого обсягу даних та адаптуватися до змінних умов середовища. Завдяки цьому вони можуть допомогти бездротовим системам ефективно адаптуватися до різних умов роботи. Вони можуть виявляти та розпізнавати залежності між вхідними даними (наприклад, характеристиками бездротового каналу) та виходом (наприклад, якістю сигналу або продуктивністю). Такий підхід забезпечує більш гнучкі та адаптивні бездротові системи, які можуть працювати в різних умовах та адаптуватися до змін. Використання алгоритмів штучного інтелекту на фізичному рівні може допомогти досягти ефективності та оптимальності системи зв'язку навіть в змінних умовах роботи [5].

Ключові підходи до проектування фізичного рівня з використанням методів штучного інтелекту (AI) можуть бути наступними. Наскрізне проектування фізичного рівня. Традиційні системи фізичного рівня проектуються блочно, де кожен блок оптимізується окремо. Проте оптимізація окремих блоків не завжди гарантує оптимальну продуктивність всієї системи фізичного рівня. Використання методів штучного інтелекту може допомогти досягти наскрізної оптимізації продуктивності фізичного рівня. Поєднання методів AI з комунікаційними технологіями дасть змогу переосмислити архітектуру фізичного рівня з різних точок зору.

Реалізація AI алгоритмів на легких платформах та спільне проектування апаратного та програмного забезпечення (HW-SW). При адаптації алгоритмів штучного інтелекту до фізичного рівня враховуються ключові особливості проектування та реалізації фізичного рівня. Часто алгоритми AI потребують навчання та інтенсивних обчислень з великими обсягами даних. Наприклад, обчислення алгоритмів AI повинні бути достатньо швидкими, щоб бути меншими за час когерентності каналу або час зміни параметрів системи. Для застосування алгоритмів AI у вимогливих випадках, таких як наднадійний зв'язок з низькою затримкою (URLLC) у системах 6G, надзвичайно важлива затримка не повинна перевищувати 1 мс [6].

Ці підходи дозволяють ефективно використовувати методи штучного інтелекту для оптимізації фізичного рівня та досягти кращих результатів щодо продуктивності, енергоефективності та затримок у бездротових системах. Наскрізне проектування фізичного рівня з використанням методів AI дозволяє оптимізувати всю систему як єдиний комплекс, забезпечуючи оптимальну взаємодію між різними блоками. Це дозволяє досягти кращої продуктивності, зменшити затримки та поліпшити енергоефективність. Реалізація алгоритмів штучного інтелекту на легких платформах та спільне проектування апаратного та програмного забезпечення дозволяє забезпечити ефективне використання ресурсів та швидке виконання обчислень. Врахування особливостей фізичного рівня при проектуванні алгоритмів AI дозволяє забезпечити високу продуктивність системи, не перевищуючи критичні затримки та обмеження ресурсів [7].

Висновки

Розглянуто реалізацію алгоритмів штучного інтелекту з урахуванням апаратного забезпечення для подолання обмежень фізичного рівня. Врахування апаратних особливостей дозволяє оптимізувати виконання алгоритмів і покращити їх продуктивність.

Розподіл завдань між апаратним і програмним забезпеченням є ключовим аспектом ефективної реалізації алгоритмів штучного інтелекту. Деякі завдання можуть бути ефективно виконані на спеціалізованих апаратних пристроях, таких як графічні процесори (GPU) або спеціалізовані пристрої для прискорення обчислень (наприклад, тензорні процесори). Ці пристрої мають високу обчислювальну потужність і підходять для виконання інтенсивних обчислювальних завдань, які зустрічаються в алгоритмах штучного інтелекту. У той же час, деякі завдання можуть бути ефективно виконані на програмному рівні, зокрема на центральних процесорах (CPU) з оптимізованим програмним кодом. Вибір оптимального розподілу завдань між HW та SW залежить від характеристик алгоритму, доступних апаратних ресурсів, вимог до продуктивності та енергоефективності. Ефективна реалізація алгоритмів штучного інтелекту з урахуванням апаратного забезпечення може допомогти досягти кращої продуктивності, знизити енергоспоживання і виконувати завдання в обмеженому фізичному середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. Rajendran, W. Meert, D. Giustiniano, V. Lenders, S. Pollin, Deep learning models for wireless signal classification with distributed lowcost spectrum sensors. *IEEE Trans. Cognitive Commun. Netw.* 4(3), 433–445 (2018)
2. T.J. O'Shea, T. Roy, T.C. Clancy, Over-the-air deep learning based radio signal classification. *IEEE J. Sel. Topics Signal Process.* 12(1), 168–179 (2018)
3. O. Shental, J. Hoydis, Machine LLRning: Learning to softly demodulate, in *IEEE Globecom Workshops 2019, HI, USA* (2019), pp. 1–7
4. Y. Wang, S. Member, M. Liu, Data-driven deep learning for automatic modulation. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 68(4), 4074–4077 (2019)
5. Васильківський, М., Болдирева, О., Варгатюк, Г., & Будащ, М. (2023). Керування телекомунікаційними мережами з використанням технологій AI/ML. Measuring and computing devices in technological processes, (1), 89–100. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-13>
6. Васильківський, М., Болдирева, О., Онищук, Д., & Гнатенко, Ю. (2023). Динамічна інформаційна мережа із вбудованим штучним інтелектом. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, (50), 36–45. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-50-05>
7. Васильківський, М., Прикмета, А., Олійник, А., & Нікітович, Д. (2023). Оптимізація інтелектуальних телекомунікаційних мереж. Вісник Хмельницького національного університету, (1), 33–41. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-317-1-33-41>

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

Педан Олександр Романович — студент групи ТКР-22мс, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sanhosan43@gmail.com

Чуба Юрій Валерійович — студент групи ТКР-22мс, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: yurachuba0@gmail.com

Чубатюк Юрій Сергійович — студент групи ТКР-22мс, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Yurii.com2@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

Pedan Oleksandr R. - student of the TKR-22ms group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sanhosan43@gmail.com

Chuba Yuriy V. - student of the TKR-22ms group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yurachuba0@gmail.com

Chubatyuk Yuriy S. - student of the TKR-22ms group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Yurii.com2@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