

БЕЗПРОВОДОВІ МЕРЕЖІ З МОЖЛИВІСТЮ РЕКОНФІГУРУВАННЯ

Кравчук С.О., Кравчук І.М.

Науково-навчальний Інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail:sakravchuk@ukr.net

WIRELESS NETWORKS WITH THE POSSIBILITY OF RECONFIGURATION

The development of reconfigurable wireless networks is relevant for modern and future wireless networks with support for cognition, virtualization, mobility and flexibility of user traffic. In this case, special attention should be paid to the creation of energy-efficient network management systems for new wireless networks.

На даний час розвиток усіх безпроводових мереж йде шляхом інтелектуалізації та віртуалізації, що потребує самоорганізації таких мереж, та можливості реконфігурування функціональних можливостей мереж [1, 2].

Для розробки таких безпроводових систем повністю змінюється традиційна методологія проектування. Безпроводові мережі повинні враховувати широкий спектр об'єктів і умов, що постійно змінюються. Вони повинні бути здатні адаптуватися до характеру, структури і виду послуг мереж, тобто повинні бути реконфігуровані на декількох рівнях стека протоколів відкритих систем. Наприклад, сучасні безпроводові системи повинні адаптувати свою структуру передачі/прийому на фізичному рівні в умовах, що змінюються в часі або за рахунок мобільності. Таким системам доводиться перелаштовувати свої протоколи маршрутизації для роботи в неоднорідних мережах, доводиться адаптуватися до вимог своїх застосувань, щоб задовольнити широкий спектр запитів користувачів. Таким чином, реконфігурація стає ключовим фактором для безпроводових мереж 5-го і 6-го покоління [3, 5].

У міру того, як безпроводові мережі такі як 5G, отримують функції реконфігурування, розвиваються і стають все більш поширеними, то виникає проблема збільшення обсягу мережного трафіку і енергоспоживання мережі. Звідси додатково виникає потреба у розробки додаткових інтелектуальних рішень з управління мережними ресурсами, такими як рішення, орієнтовані на енергоефективну та інтелектуальну маршрутизацію, для підтримки вимог наскрізних запитів у безпроводових мережах, що реконфігуруються.

Види досліджень реконфігурованих мереж та приклади тематики таких досліджень можна класифікувати у відповідності [6] по трьом напрямкам: мережна інтелектуалізація (когнітивна маршрутизація, штучний інтелект, центри обробки великих даних, контекстна поінформованість), мережна реконфігурованість (мережний менеджмент, мережі, що визначаються програмно, пересічна реконфігурація), реконфігурація на фізичному рівні (когнітивне радіо, вбудовані системи, адаптивні приймально-передавальні системи).

Для інтелектуального розподілу мережних ресурсів та енергоефективної маршрутизації ми використовуємо теорію Штучного інтелекту (ШІ). Зокрема, когнітивний процес на основі ШІ може ефективно та дієво навчатися на минулих рішеннях та застосовувати їх до майбутніх рішень.

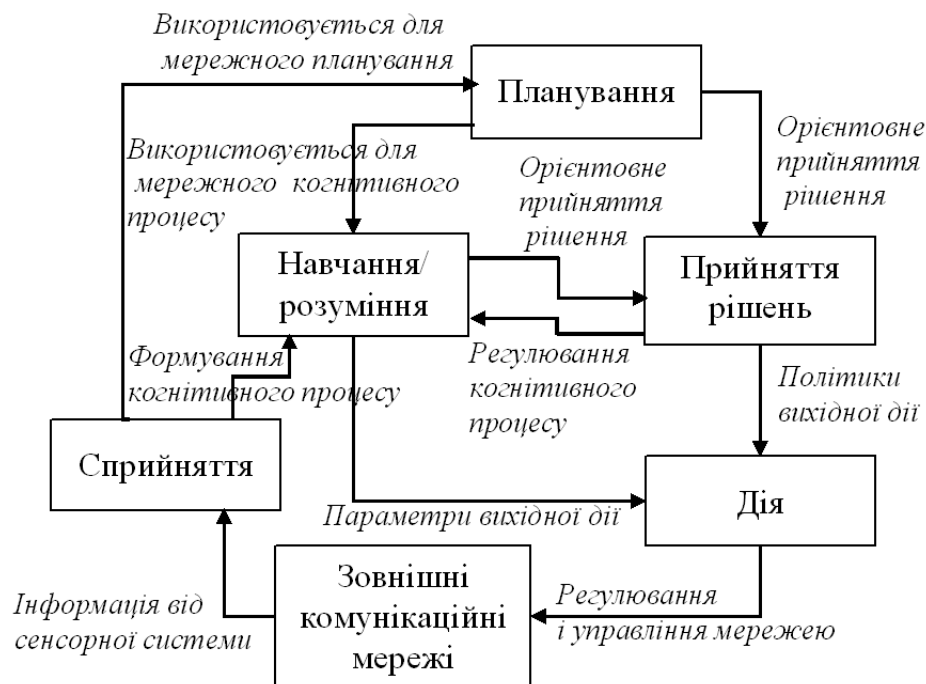


Рис. 1. Когнітивний цикл із задіянням штучного інтелекту.

Можливий повний когнітивний процес показано на рис. 1, який включає сприйняття, навчання/міркування, прийняття рішень, планування і дію. Навчання та міркування є ядром пізнавального процесу, а навчання є результатом безперервного накопичення минулих дій та використання накопичених емпіричних знань для тривалого процесу міркувань.

Міркування – це процес прийняття рішень безпосередньо на основі наявної інформації (включаючи попередню та поточну інформацію). Таким чином, це дозволяє мережі вказати набір заходів для підвищення енергоефективності мережі. Когнітивний цикл складається з шести частин, а саме: сприйняття, планування, прийняття рішень, дії, навчання/міркування та зовнішні комунікаційні мережі. Когнітивна мережа на основі ШІ сприймає навколишні комунікаційні мережі через сенсорний модуль, і рішення приймаються на основі мережної інформації, що сприймається. При цьому корисна мережна інформація, що сприймається сенсорним модулем, також використовується для зберігання модуля навчання/міркування.

Модуль навчання/міркування зберігатиме корисну мережну інформацію, щоб полегшити модуль прийняття рішень у майбутньому. Модуль планування визначає можливі на основі отриманої мережевої інформації. Модуль прийняття рішень приймає рішення про дії, які необхідно зробити, на основі результатів попереднього планування та навчання/обговорення, а модуль навчання/обговорення оновлює збережену інформацію на основі прийнятих дій та рішень.

Реконфігурація фізичного рівня включає SDR, реконфігурацію приймача/передавача, адаптивні антени та формування діаграми спрямованості, адаптивну модуляцію та кодування (AMC) і т. д. При цьому необхідно розглядати реконфігурацію не тільки на рівні пристроїв, а й на мережному (навіть коли безпроводові пристрої є частиною більш широкої мережі).

При реконфігурації підтримка адаптації і економічно ефективних, високопродуктивних операцій обумовлює необхідність у спеціальних процесорах. Архітектура процесора, що реконфігурується, як правило, складається з універсальних мікропроцесорів, програмованих вентильних матриць FPGA (field-programmable gate arrays), процесорів цифрових сигналів DSP (digital signal processor), а також традиційних інтегральних схем ASIC (applications specific integrated circuits) для застосувань з цифровими і змішаними сигналами, і дискретними аналоговими схемами.

Гібридне програмне забезпечення і апаратне забезпечення, що реконфігурується, а також реконфігурація мережних рівнів в процесорі вимагають єдиної об'єктно-орієнтованої парадигми проектування, що охоплює апаратне забезпечення, програмне забезпечення та інтерфейс між ними. Архітектура процесора повинна забезпечувати логічне виконання алгоритмів та обробки сигналів різних рівнів: деякі функції логічно реалізуються програмно, а деякі - апаратно. Задача полягає в тому, щоб розробити інструменти проектування, які спрощують це логічне розміщення обробки.

Таким чином, розробка безпроводових мереж, що реконфігуруються, є актуальною для сучасних та перспективних безпроводових мереж з підтримкою когнітивності, віртуалізації, мобільності і гнучкості користувацького трафіку. При цьому особливу увагу необхідно звернути на створення енергоефективних систем управління мережею для нових безпроводових мереж, що реконфігуруються, таких як 5G і вище.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2017.
2. Advanced in the telecommunications 2019: monograph / by edited M.Y. Ilchenko, S.O. Kravchuk, Kyiv, 2019, 336 p. (ISBN 978-617-7734-12-2).
3. AI-Assisted Energy-Efficient and Intelligent Routing for Reconfigurable Wireless Networks / D. Jiang, Z. Wang, W. Wang, Z. Lv 3, K.-K. R. Choo // IEEE Transactions on Network Science and Engineering. – 2022. - Volume: 9, Issue: 1, p. 78 – 88 (<https://doi.org/10.1109/TNSE.2021.3075428>)
4. Object-Oriented Reconfigurable Processing for Wireless Networks / A. A. Gray, C. Lee, P. Arabshahi, J. Srinivasan // 2002 IEEE International Conference on Communications. Conference Proceedings. ICC 2002 (Cat. No.02CH37333) 28 April-2 May 2002 (<https://doi.org/10.1109/ICC.2002.996903>).
5. Wireless Communications Through Reconfigurable Intelligent Surfaces / E. Basar, M. de Renzo, J. de Rosny, M. Debbah, M.-S. Alouini, R. Zhang // IEEE Access, IEEE, 2019, 7, pp.116753-116773. [10.1109/ACCESS.2019.2935192](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935192). [ffhal-02395891](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935192).
6. Reconfigurable Wireless Networks / A. El-Mougy, M. Ibnkahla, G. Hattab, W. Ejaz // Proceedings of the IEEE, Volume: 103, Issue: 7, July 2015 (<https://doi.org/10.1109/JPROC.2014.2376812>).