

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАДЩІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ РАДІОДОСТУПУ

Рожновський М. В.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри радіоелектронних систем і технологій
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
м. Одеса, Україна*

Сологуб О. С.

*здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки
Міжнародний гуманітарний університет
Науковий керівник: **Рожновська І. Ю.**
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна*

Особливість телекомунікаційних мереж 6G в тому, що вони передбачають абсолютне, глобальне покриття взаємозв'язаними радіомережами всієї планети Земля та навколосемного простору [1]. Ще одна важлива особливість, яка характеризує мережі 6G – це активне впровадження в телекомунікаційну інфраструктуру методів та систем штучного інтелекту [1]. Наприклад, одна з актуальних проблем, що потребує вирішення в мережах 6G – це реалізація в повній мірі концепції «розумна антена» (Smart Antenna) [1, 2].

Розумна антена являє собою антенну решітку, що здатна формувати багатопелюсткову діаграму спрямованості та має забезпечувати адаптивне керування пелюстками у відповідності до вимог того середовища, в якому функціонує ця антена [1, 2]. В мережах радіодоступу 6G основним типом антенних систем є MIMO (Multiple Input Multiple Output) антени [1, 2].

Отже, із сказаного вище, можна зробити висновок, що при дослідженні антенних систем в мережах 6G однією з актуальних задач є аналіз можливості керування в режимі реального часу (з мінімальними затримками у часі) виділеною окремою пелюсткою діаграми спрямованості для конкретного абонентського терміналу (групи абонентських терміналів), що перебуває в русі.

Таким чином, метою даної роботи є запропонувати метод, який забезпечить антенній системі «розуміння» та «передбачення» закономірностей руху абонентських терміналів в межах зони радіопокриття та потенційно дозволить на основі отриманих «знань» керувати діаграмою спрямованості антени в режимі реального часу (з мінімальними затримками у часі).

Для досягнення мети даної роботи необхідно забезпечити створення деякої «системи знань», яку потенційно можна використати для керування виділеною пелюсткою діаграми спрямованості антенної решітки в режимі реального часу.

Вказану задачу можна вирішити, застосувавши методи штучного інтелекту. Один з методів штучного інтелекту, який можна використати для досягнення поставленої в роботі мети – це метод машинного навчання з підкріпленням «інтелектуальний агент» [3–6].

Під терміном «інтелектуальні агенти» в штучному інтелекті розуміють сутність, що здатна спостерігати за навколишнім середовищем і діяти у ньому [3–6]. До інтелектуальних агентів застосовують алгоритми навчання в результаті чого їх поведінка стає раціональною, а їхні дії завжди спрямовані на досягнення якої-небудь мети. В цьому контексті інтелектуальні агенти діють з використанням зародків мислення, подібних до мислення людини, або інтелектуально розвинених істот [6].

Процес навчання можна реалізувати застосувавши алгоритм Q-навчання інтелектуальних агентів [3–6]. Розглянемо процес стимулюючого навчання з підкріпленням. Під час цього навчання інтелектуальний агент, діючи в певному середовищі, аналізує обставини цього середовища, «вивчає» його та отримує за свої дії певну «винагороду» у вигляді накопичених балів [3–6]. Кінцевою метою інтелектуального агента є з'ясування закономірностей та вироблення моделі поведінки, яка дозволяє оптимально діяти в заданому середовищі. Основою Q-навчання є так звана функція корисності – Q-функція, що записується в наступному вигляді [6]

$$Q[s, a] = R[s, a] + \gamma \cdot \max (Q[s', a']), \quad (1)$$

де

s – елемент множини станів $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$, в яких може перебувати агент;

a – елемент множини дій агента $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$;

s' – елемент наступного стану з множини станів $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$, в яких може перебувати агент;

a' – елемент можливих дій агента $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ при заданому стані s' ;

$R[s, a]$ – матриця R (матриця винагород за перехід між станами);

γ – швидкість навчання агента від 0 до 1 (рекомендоване значення 0,8 [6]).

Процес навчання інтелектуального агента можна візуалізувати за допомогою діаграми Q-навчання рис. 1 [4]. На рис. 1 показано, що інтелектуальний агент діє в середовищі зони радіопокриття стільника мобільного зв'язку, що дає змогу сформувати деяку «систему знань», яка відображає закономірності переміщення абонентів в межах зони радіопокриття стільника. Отримана «система знань» потенційно може бути використана для керування діаграмою спрямованості антенної решітки, що діє в даному стільнику.

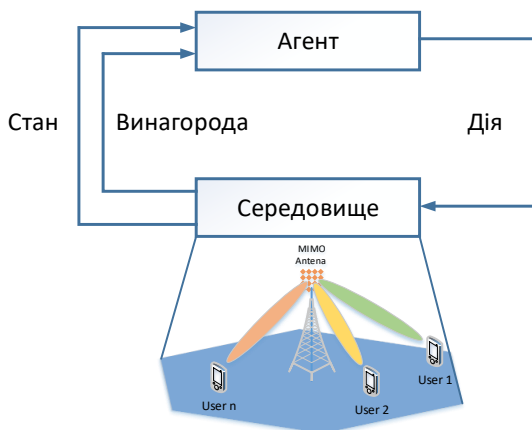


Рис. 1. Діаграма Q-навчання інтелектуального агента [4]

Продемонструємо застосування методу інтелектуального агента на прикладі однієї комірки надщільної мережі радіо-доступу, що діє на поверхсі офісного приміщення (рис. 2).

Застосувавши математичну модель дії інтелектуального агента (1) в межах зони радіопокриття на поверхсі офісного приміщення, отримаємо «систему знань» у вигляді Q-матриці (табл. 1). Отримана «система знань» в табл. 1 потенційно може бути використана для керування діаграмою спрямованості антенної решітки, що діє в межах зони радіопокриття на поверхсі офісного приміщення.

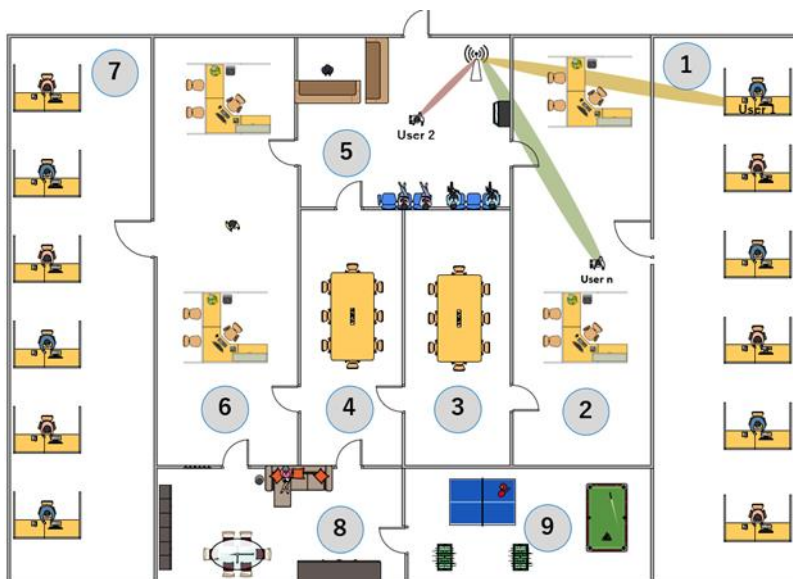


Рис. 2. План поверху офісного приміщення

Таблиця 1

Матриця Q «матриця пам'яті інтелектуального агента»

–	Дія									
	–	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стан	1	0	40	0	0	0	0	0	0	0
	2	32	0	51	0	51	0	0	0	0
	3	0	40	0	64	0	0	0	0	0
	4	0	0	51	0	51	0	0	80	0
	5	0	40	0	64	0	64	0	0	0
	6	0	0	0	0	40	0	40	80	0
	7	0	0	0	0	0	64	0	0	0
	8	0	0	0	64	0	51	0	0	100
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Отже, в даній роботі запропоновано застосовувати методи штучного інтелекту в надшільних радіомережах з метою реалізації концепції «розумна антена». Обґрунтовано можливість застосування методу штучного інтелекту «інтелектуальний агент» для формування деякої

«системи знань», на основі якої можна забезпечити інтелектуальне керування діаграми спрямованості антени в межах радіопокриття однієї комірки системи зв'язку.

Література:

1. Wen Tong, Peiyong Zhu, «6G: The Next Horizon: From Connected People and Things to Connected Intelligence,» Cambridge University Press, Includes index. ISBN: 1108839320, 2021. 490 p.

2. Nathan Blaunstein, Christos G. Christodoulou «Radio propagation and adaptive antennas for wireless communication links,» USA.: Includes index. ISBN-13: 978-0-471-25121-7, ISBN-10: 0-471-25121-6, TK7871.67. A33.B55 2007. 614 p.

3. Gerhard Weiss, «Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence,» The MIT Press.: Includes index. ISBN 9780262731317, 2000. 644 pp.

4. Rozhnovskiy M.V., Rozhnovskaya I. Yu. «Application of machine learning method in massive MIMO antenna technologies» *Advanced Technology in Information and Communication Engineering: International Conference*, July, 18, 2023.: proc. of conf. Odesa, Ukraine, pp. 98 – 101, 2023.

5. Jawad Tanveer, Amir Haider, Rashid Ali, Ajung Kim, «An Overview of Reinforcement Learning Algorithms for Handover Management in 5G Ultra-Dense Small Cell Networks,» *MDPI Applied Sciences*, vol. 12, Issue 1, pp. 426, 2022.

6. Троцько В.В. Методи штучного інтелекту: Навчально-методичний посібник. Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2020. 86 с.