

ЙМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД В ЗАДАЧАХ ПОЗИЦІОНУВАННЯ

Стрелковська І. В.

*доктор технічних наук, професор,
декан факультету кібербезпеки, програмної інженерії та
комп'ютерних наук
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна*

Соловська І. М.

*кандидат технічних наук, доцент,
завідувачка кафедрою комп'ютерних наук
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна*

Стрімкий розвиток різних додатків та сервісів, які використовують поточне LBS (Location-based Services) місцезнаходження користувача й краудсорсінг, потребують постійного вдосконалення методів позиціонування з метою підвищення точності місцезнаходження. Особливої уваги заслуговують задачі локального позиціонування користувачів всередині приміщень в умовах високої концентрації користувачів та наявності складнощів при поширенні радіосигналів. Локальні методи позиціонування використовуються для технологій Wi-Fi (IEEE 802.11n/ac/ad), Bluetooth або BLE (Bluetooth low energy) (IEEE 802.15.1) та багато інших [1–3].

Відомо, що для позиціонування користувача в мережі Wi-Fi (IEEE 802.11n/ac/ad) використовуються різні методи визначення координат місцезнаходження користувача, такі як [2]: метод RSS (Received Signal Strength) на базі вимірів потужності прийнятого сигналу, методи TOA (Time of Arrival) та TDoA (Time Difference of Arrival) на базі вимірів часу затримки поширення радіосигналу на базі методів тріангуляції або трілатерації та метод Fingerprinting з використанням в якості алгоритму визначення координат користувача методу k -найближчих сусідів k -NN (k -Nearest Neighbor) або зваженого методу k -найближчих сусідів з використанням вагових коефіцієнтів k -WNN (k -Weighted Nearest Neighbor). В роботі [8] авторів проведено дослідження, встановлено відповідність між технологіями, використаним методом й точністю позиціонування. Показано, що використання вищезазначених технологій та методів, дозволяє отримати найменшу похибку позиціонування

за допомогою методу Fingerprinting на базі методів k -найближчих сусідів k -NN та зваженого методу k -найближчих сусідів k -WNN. При цьому, для методу k -WNN використання вагових коефіцієнтів є доцільним тільки за умови $k = 3$, адже збільшення кількості k -сусідів зазвичай призводить до збільшення похибки позиціонування.

В роботах [4–8] авторів запропоновано використання комплексних плоских сплайнів (лінійних та квадратичних) для визначення місцезнаходження користувача на базі методу Fingerprinting та встановлено, що використання комплексних плоских сплайнів дозволяє досягти зниження обчислювальної складності та значного скорочення часу позиціонування.

Для визначення координат місцезнаходження використовуємо метод Fingerprinting, для якого наряду з іншими методами доцільно розглянути ймовірнісний Байєсівський метод.

Метою даної роботи є знаходження місцезнаходження користувача за допомогою методу Fingerprinting на базі ймовірнісного Байєсівського методу.

Розглянемо мережу Wi-Fi/Indoor (рис. 1) на n елементів розбиття, кожен елемент розбиття складається із сукупності обладнання – точок доступу AP_i (Access Point), де i – кількість точок доступу AP_i , $i = \overline{1,3}$. Кожна точка доступу AP_i , $i = \overline{1,3}$ має координати: $AP_1(x_1, y_1)$, $AP_2(x_2, y_2)$, $AP_3(x_3, y_3)$, а $M(x, y)$ – координати користувача.

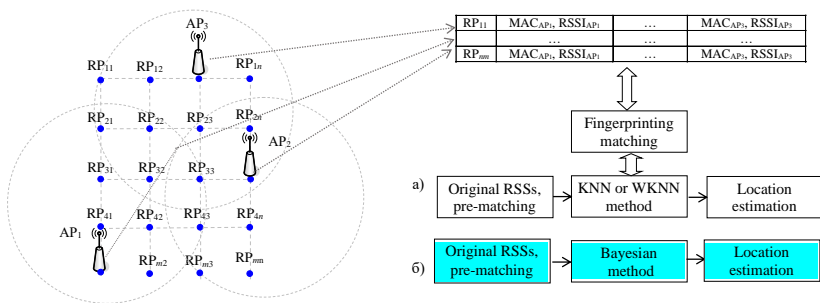


Рис. 1. Метод Fingerprinting на базі ймовірнісного Байєсівського методу

Використання методу Fingerprinting на базі ймовірнісного Байєсівського методу для визначення координат місцезнаходження користувача в мережі Wi-Fi/Indoor виконується за допомогою Fingerprinting DataBase, яка зберігає статистичні дані вимірювань значень потужності сигналу

RSSI (Received Signal Strength Indicator) в точках доступу AP_{*i*}, $i = \overline{1,3}$.
Тоді

$$X = \left\langle (x_i, y_i), P_{RSSI} [\lambda_i / (x_i, y_i)] \right\rangle, i = \overline{1,3}, \quad (1)$$

де (x_i, y_i) – координати i -тої точки місцезнаходження користувача з Fingerprinting DataBase, $P_{RSSI} [\lambda_i / (x_i, y_i)]$ – умовна ймовірність отримання вимірів рівня сигналу RSSI передавача пристрою користувача з розподілом λ_i в точці з координатами (x_i, y_i) .

Використовуючи формулу Байєса [9], визначаються апостеріорні ймовірності подій:

$$P(H_i / A) = \frac{P(H_i)P(A / H_i)}{\sum_{k=1}^n P(H_k)P(A / H_k)}, \quad (2)$$

де H_1, \dots, H_n – повна група несумісних подій, для яких виконуються такі умови $H_i \cup H_j = \Omega$, Ω – простір елементарних подій, $H_i \cap H_j = \emptyset$, $i \neq j$, H_i – подія, яка визначає, що розташування користувача знаходиться у i -му елементі розбиття, $P(H_i)$ – апіорна ймовірність знаходження користувача в i -му елементі розбиття, $P(A / H_i)$ – умовна ймовірність знаходження користувача в i -му елементі розбиття, $P(H_i / A)$ – апостеріорна ймовірність знаходження користувача в i -му елементі розбиття після експерименту, $i = \overline{1, n}$.

Тоді координати місцезнаходження користувача за допомогою Байєсівського підходу визначаються відповідно до виразів [9]:

$$\bar{x}_{Bays} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \max_{x_i} P(H_i / A), \quad \bar{y}_{Bays} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \max_{y_i} P(H_i / A). \quad (3)$$

Висновки

1. Розглянуто використання ймовірнісного Байєсівського методу для визначення координат місцезнаходження користувача в мережі Wi-Fi/Indoor.

2. Визначено координати місцезнаходження користувача в мережі Wi-Fi/Indoor за допомогою методу Fingerprinting на базі ймовірнісного

Байєсівського методу. Встановлено, що використання ймовірнісного підходу дозволяє знизити складність розрахунків та зменшити час на знаходження координат користувача.

Література:

1. Hameedah S.H. An Overview of Local Positioning System: Technologies, Techniques and Applications / S.H. Hameedah, M. Hussein, S. Mad Saad, M. A. Mat Dzahir. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7(3). P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.25.17459>.

2. Gu F. Indoor Localization Improved by Spatial Context – A Survey / F. Gu, X. Hu, M. Rmezani, J. Shang, D. Acharya, K. Khoshelham, S. Valaee. *ACM Computer Survey*. 2019. Vol. 52 (3). P. 1–35. DOI: <https://doi.org/10.1145/3322241>.

3. Yang Q. Research on Wi-Fi indoor positioning in a smart exhibition hall based on received signal strength indication / Q. Yang, S. Zheng, M. Liu. *Journal on Wireless Communications and Networking*. 2019. № 275. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13638-019-1601-3>.

4. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovskaya J.: Linear complex planar splines in Wi-Fi/Indoor positioning problems. In: *IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics*. P. 84–87, Kyiv, Ukraine. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/UkrMiCo52950.2021.9716612>.

5. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J.: Fingerprinting/Indoor positioning using complex planar splines. *Journal of Electrical Engineering*. 2021. Vol. 72. № 6. P. 401–406. DOI: <https://doi.org/10.2478/jee-2021-0057>.

6. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska, J. Using quadratic complex planar splines in solving local positioning problems. In: *Advanced Trends in Radio electronics, Telecommunications and Computer Engineering*, P. 602–605. Slavske, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9766876>.

7. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Improving the accuracy of user location in the Wi-Fi network using complex spline-functions. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) *Advances in Information and Communication Technology and Systems*. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 548. Springer, 2023. Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-16368-5_16.

8. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovskaya J., Paskalenko V. Complex spline approximation in positioning problems. *Radioelectronics and Communications Systems*. 2023.

9. Стрелковська І. В., Паскаленко В. М. Вища математика для фахівців в галузі зв'язку. Ч. 5. ВМВ. Одеса, 2018. 508 с.