

## РОЗРОБКА КРИТЕРІЮ ОПТИМАЛЬНОСТІ РОЗМІЩЕННЯ АНТЕН ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ПРОСТОРОВОЇ ДВОВИМІРНОЇ RFID-ЛОКАЛІЗАЦІЇ

Гімнілевич Ю. Б., д.т.н., проф.; Савочкін Д. О., аспірант  
Севастопольський національний технічний університет,  
м. Севастополь, Україна

У системах двовимірної просторової локалізації на основі технології радіочастотної ідентифікації (*RFID*) застосовують комбіновані методи локалізації [1]. При реалізації таких методів використовується декілька алгоритмів локалізації, що формують незалежні оцінки місця розташування *RFID*-мітки шляхом аналізу вимірювальної інформації отриманої за допомогою декількох антен системи. Результуючою оцінкою вважається середнє від оцінок алгоритмів локалізації. З метою підвищення точності локалізації необхідно оптимально розміщувати антени *RFID*-системи. В літературі представлені підходи щодо формування критеріїв оптимальності розміщення антен для деяких алгоритмів локалізації [2-4], однак загального критерію оптимальності для комбінованого методу нам невідомо. У цій роботі проводиться розробка критерію для такого комбінованого методу, що включає в себе алгоритми трилатерації, відбитків і перетинів [1].

Позначимо цільову функцію комбінованого методу локалізації як  $S(a)$ , де параметр  $a = \{a_1, \dots, a_N\}$  — це вектор координат точок розміщення антен ( $N$  — загальне число антен *RFID*-системи). Величина цільової функції  $S(a)$  повинна обчислюватися на основі величин цільових функцій тих алгоритмів, які входять до складу комбінованого методу. Критерієм оптимальності при цьому будемо вважати максимум величини  $S(a)$ :

$$S(a) \rightarrow \max_{a \in A};$$

$$S(a) = c_1(a)^\beta \left[ w_{\text{трил}}(a) \overline{S_{\text{трил}}(a)} + w_{\text{відб}}(a) \overline{S_{\text{відб}}(a)} + w_{\text{пер}}(a) \overline{S_{\text{пер}}(a)} \right],$$

де  $A$  — множина векторів  $a$ ;  $c_1(a)$  — відношення площі частини області локалізації покритої зонами дії хоча б однієї антени до загальної площі області локалізації;  $\beta > 1$  — коефіцієнт, що дозволяє значно знизити величину  $S(a)$  для тих варіантів розміщення антен, при яких не вся область локалізації покрита зонами дії антен;  $w_{\text{трил}}(a)$ ,  $w_{\text{відб}}(a)$ ,  $w_{\text{пер}}(a)$  — вагові коефіцієнти алгоритмів трилатерації, відбитків і перетинів, відповідно;  $\overline{S_{\text{трил}}(a)}$ ,  $\overline{S_{\text{відб}}(a)}$ ,  $\overline{S_{\text{пер}}(a)}$  — нормовані величини цільових функцій алгоритмів трилатерації, відбитків і перетинів, відповідно (нормування проводиться з метою приведення величин до спільного діапазону допустимих значень).

Вагові коефіцієнти  $w_{\text{трил}}(a)$ ,  $w_{\text{відб}}(a)$ ,  $w_{\text{пер}}(a)$  дозволяють врахувати міру точності алгоритмів трилатерації, відбитків і перетинів, відповідно. Ми пропонуємо задавати їх наступним чином:

$$\begin{cases} w_{\text{трил}}(a) = c_3(a)/3; \\ w_{\text{відб}}(a) = w_{\text{пер}}(a) = \frac{1}{3} \left[ 1 + \frac{1 - c_3(a)}{2} \right], \end{cases}$$

де  $c_3(a)$  — відношення площі частини області локалізації покритої зонами дії трьох або більше антен до загальної площі області локалізації при використанні вектора  $a$  розміщення антен. Таке завдання коефіцієнтів використовується внаслідок того, що алгоритм трилатерації функціонує тільки в тій частині області локалізації, яка покрита зонами дії хоча б трьох антен.

В якості цільової функції  $S_{\text{трил}}(a)$  алгоритму трилатерації ми пропонуємо використовувати усереднену величину фактору горизонтального зниження точності ( $HDOP$ ) [5]. Будемо домагатися її мінімізації:

$$S_{\text{трил}}(a) \rightarrow \min_{a \in A};$$

$$S_{\text{трил}}(a) = \frac{1}{|L_3(a)|} \int_{l \in L_3(a)} h(a, l) dl,$$

де  $|L_3(a)|$  — площа частини області локалізації покритої зонами дії трьох або більше антен;  $L_3(a)$  — множина точок частини області локалізації покритої зонами дії трьох або більше антен;  $h(a, l)$  — величина  $HDOP$  для точки  $l$  при розміщенні антен вектору  $a$  [5].

В якості цільової функції  $S_{\text{відб}}(a)$  алгоритму відбитків будемо використовувати коефіцієнт покриття області локалізації зонами дії антен. Будемо домагатися максимізації покриття області локалізації якомога більшою кількістю антен:

$$S_{\text{відб}}(a) \rightarrow \max_{a \in A};$$

$$S_{\text{відб}}(a) = \frac{1}{|L|} \int_{l \in L} c(a, l) dl,$$

де  $|L|$  — площа області локалізації;  $L$  — множина точок області локалізації;  $c(a, l)$  — коефіцієнт покриття точки  $l$  зонами дії антен при використанні вектора  $a$  розміщення антен (визначається як число зон дії, всередині яких знаходиться точка  $l$ ).

В якості цільової функції  $S_{\text{пер}}(a)$  алгоритму перетинів будемо використовувати середню помилку локалізації, що забезпечується алгоритмом. Критерієм оптимальності будемо вважати мінімум величини  $S_{\text{пер}}(a)$ :

$$S_{\text{пер}}(a) \rightarrow \min_{a \in A};$$

$$S_{\text{пер}}(a) = \frac{1}{|L|} \int_{l \in L} e(a, l) dl,$$

де  $e(a, l)$  — помилка локалізації для точки  $l$  при використанні вектора  $a$  розміщення антен, яка визначається як відстань між точкою  $l$  і оцінкою  $\hat{l}(a, l)$  місця розташування  $RFID$ -мітки, що формується алгоритмом перетинів

при розташуванні мітки в точці  $l$  [2]:

$$e(a,l) = \sqrt{\left[l_x - \hat{l}(a,l)_x\right]^2 + \left[l_y - \hat{l}(a,l)_y\right]^2}.$$

#### Перелік посилань

1. Savochkin D.A. Combinational RFID-based localization using different algorithms and measurements / D.A. Savochkin // Proceedings of the 20th International conference on microwaves, radar, and wireless communications, 16-18 June, 2014, Gdansk. — Gdansk, 2014. — P. 238-243.
2. Savochkin D.A. Antenna deployment for intersectional RFID localization / D.A. Savochkin // Proceedings of the 10-th International young scientist conference "Modern issues in radio engineering and telecommunications (RT 2014)", 12-17 May, 2014, Sevastopol. — Sevastopol, 2014. — P. 70.
3. Ji Y. Optimal sniffers deployment on wireless indoor localization / Y. Ji, S. Biaz, S. Wu, B. Qi // Proceedings of the 16th International conference on computer communications and networks, 2007. 13-16 August, 2007, Honolulu. — Honolulu, 2007. — P. 251-256.
4. Battiti R. Optimal wireless access point placement for location-dependent services / R. Battiti, M. Brunato, A. Delai // Information engineering and computer science. — 2003. — 12 p.
5. Levanon N. Lowest GDOP in 2-D scenarios / N. Levanon // IEE Proceedings - radar, sonar and navigation. — 2000. — Vol. 147, No. 3. — P. 149-155.

#### Анотація

Розроблено критерій оптимальності розміщення антен для комбінованого методу просторової локалізації на базі технології радіочастотної ідентифікації (*RFID*). Критерій заснований на мінімізації усередненої величини фактору горизонтального зниження точності (*HDOP*), максимізації коефіцієнта покриття області локалізації зонами дії антен та мінімізації середньої помилки локалізації алгоритму перетинів.

Ключові слова: *RFID*, локалізація, оптимізація, розміщення антен, комбінований метод, трилатерація, *HDOP*, алгоритм відбитків, алгоритм перетинів.

#### Аннотация

Разработан критерий оптимальности размещения антенн для комбинированного метода пространственной локализации на базе технологии радиочастотной идентификации (*RFID*). Критерий основан на минимизации усредненной величины фактора горизонтального снижения точности (*HDOP*), максимизации коэффициента покрытия области локализации зонами действия антенн и минимизации средней ошибки локализации алгоритма пересечений.

Ключевые слова: *RFID*, локализация, оптимизация, размещение антенн, комбинированный метод, трилатерация, *HDOP*, алгоритм отпечатков, алгоритм пересечений.

#### Abstract

This paper presents an optimality criterion of an antenna deployment for the hybrid spatial localization method based on the radio frequency identification (RFID) technology. The criterion implies minimization of the average value of horizontal dilution of precision (HDOP), maximization of the localization field coverage coefficient, and minimization of the average localization error of the intersectional algorithm.

Keywords: RFID, localization, optimization, antenna deployment, hybrid method, trilateration, HDOP, fingerprinting, intersectional algorithm.