

АНАЛІЗ АЛГОРИТМУ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ BLUETOOTH BEACON

Косовець І. А., магістрант; Товкач І. О., к.т.н.;

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут», м. Київ, Україна*

На сьогоднішній день позиціювання є необхідним в таких сферах як: маркетинг, транспортна сфера, промисловість та охорона здоров'я [1]. В умовах коли GPS та інші супутникові системи позиціювання мають велику похибку або взагалі не працюють, наприклад у приміщенні або під землею, позиціювання можна виконати за допомогою використання технологій WiFi та Bluetooth.

Технологія Bluetooth Low Energy(BLE) [1] має такі переваги як мале енергоспоживання та підтримка всіма розробниками персональної електроніки. На основі цієї технології побудовано пристрої Bluetooth beacon (маяки), які використовуються для розсилання інформації та позиціювання мобільних об'єктів.

Оскільки рішення що вже існують не задовольняють вимогам точності, аналіз та розробка алгоритмів позиціювання на основі пристроїв Bluetooth beacon є актуальною задачею.

При визначенні положення об'єкту за допомогою Bluetooth beacon використовуються виміряні значення потужності прийнятих сигналів (RSS - receive signal strength). Потужність визначається за моделлю поширення, яка враховує тільки загасання сигналу та має вигляд[2]:

$$P_i = P_0 - 10 \cdot a \cdot \lg\left(\frac{R_i}{R_0}\right) + v_i, \quad (1)$$

де P_i — виміряна об'єктом потужність, отримана від i -того маяка, що знаходиться на відстані R_i , $i = \overline{1, n}$, n — кількість Bluetooth маяків; P_0 — потужність сигналу на відомій відстані R_0 ; a — коефіцієнт загасання в середовищі; v_i — помилка вимірювання потужності сигналу.

Розрахунок положення об'єкта виконується за допомогою розв'язка системи рівнянь методом найменших квадратів (МНК) в векторному виді:

$$\omega = 0.5(A^T A)^{-1} A^T B, \quad (2)$$

де $\omega^T = (x, y, R)$ — вектор, що включає оцінки координат джерела радіовипромінювання;

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & -0.5 \\ x_2 & y_2 & -0.5 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_i & y_i & -0.5 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} x_1^2 + y_1^2 - 10 \frac{P_0 - P_1}{5 \cdot a} \\ x_2^2 + y_2^2 - 10 \frac{P_0 - P_2}{5 \cdot a} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_i^2 + y_i^2 - 10 \frac{P_0 - P_i}{5 \cdot a} \end{bmatrix};$$

x_i, y_i — положення i -того маяка в заданій сітці координат; x, y — координати що визначаються.

Моделювання алгоритму на основі RSS-вимірювань (1) виконано in-door (в приміщенні), яке має такі параметри: довжина — 100 метрів; ширина — 3 метри. Конфігурація розташування Bluetooth beacon: $B_1(0; 0)$, $B_2(12.5; 3)$, $B_3(25; 0)$, $B_4(37.5; 3)$, $B_5(50; 0)$, $B_6(62.5; 3)$, $B_7(75; 0)$, $B_8(87.5; 3)$, $B_9(100; 0)$. Місцеположення об'єкта задається з проміжком 1 метр, впродовж всього приміщення (рис. 1).

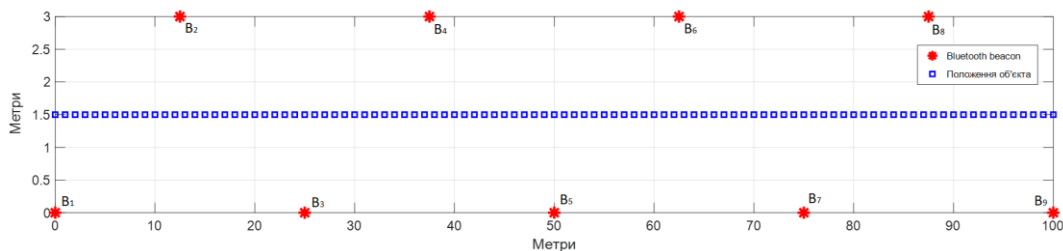


Рисунок. 1. Конфігурація розташування Bluetooth beacon та місцеположення об'єкта

Похибка вимірювання потужності маяками $\sigma = 0.5$ дБм. В якості показника ефективності використано кругове середнє квадратичне відхилення (СКВ) $\hat{\sigma} = \sqrt{\text{tr}(\hat{P})}$.

Фактичне кругове СКВ $\hat{\sigma}^{MK}$ (крива 1) похибки оцінки положення об'єкта, отримане методом Монте-Карло при розрахунку з використанням всіх датчиків, яке зображено на рис. 2. СКВ $\hat{\sigma}^{MK}$ похибки оцінки положення об'єкта, приймає значення в межах від 15 до 70 метрів.

Також розраховано СКВ $\hat{\sigma}^{MK}$ (крива 2) похибки оцінки положення об'єкта, використовуючи маяки, прийнята потужність яких $P_i > -75$ дБм, що відповідає найближчим 3-4 маякам до положення об'єкта, що визначається. Таким чином використовуючи лише маяки з прийнятим сигналом, який задовольняє заданому критерію потужності, дозволило зменшити СКВ похибки оцінки положення об'єкта більше ніж у три рази. Для зменшення СКВ похибки оцінки положення об'єкта на початку та в кінці приміщення, необхідно в крайніх точках додати Bluetooth beacon.

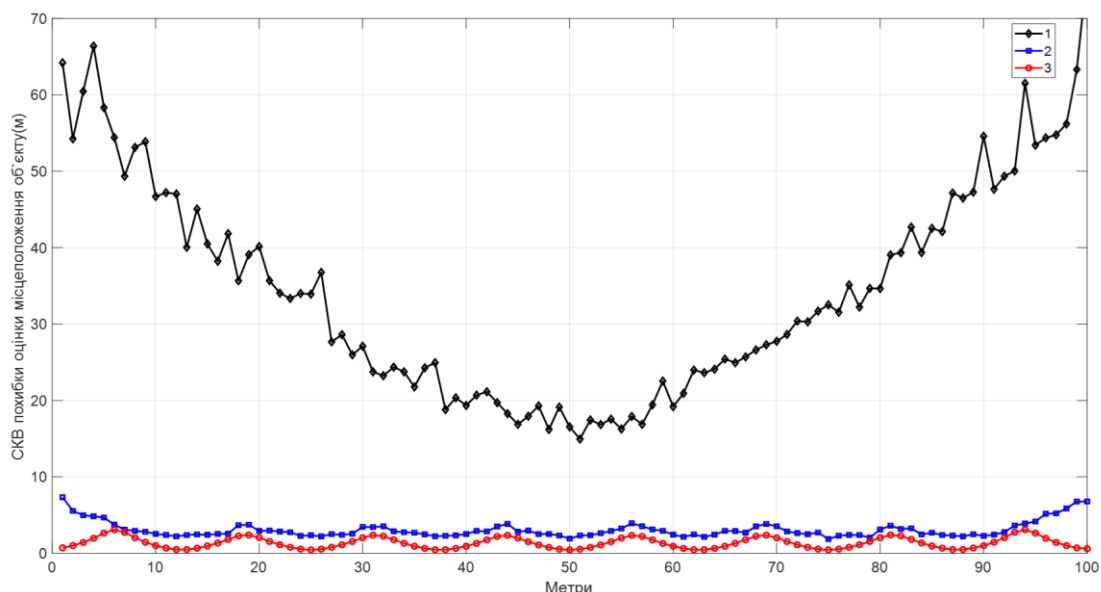


Рисунок. 2. СКВ похибки оцінки положення об'єкта

Також на рис. 2 показано СКВ $\hat{\sigma}_{\text{НГРК}}$, яке відповідає нижній границі Рао-Крамера (НГРК), яка характеризує потенційно можливу точність визначення координат об'єкта (крива 3).

Для розглянутого алгоритму на основі RSS-вимірювань, СКВ похибки оцінки положення об'єкта не досягає НГРК на 30-35%, тому удосконалення алгоритму визначення положення об'єкта є актуальною науковою задачею.

Перелік посилань

1. Hashim, Ahmed A.; Rasheed, Mohammad M.; Abdullah, Sarah Ali. Analysis of bluetooth low energy-based indoor localization system using machine learning algorithms. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2021, 16.4: 2816-2824.

2. Товкач І.О. Аналіз точностних характеристик алгоритма калмановської фільтрації параметрів руху БПЛА по даним сенсорної мережі на основі методу RSS /І.О.Товкач, С.Я.Жук // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали та системи». Київ, 20 — 26 березня 2017 р.: матеріали конференції — Київ, 2017. — С. 47 — 49.

Анотація

Проведено аналіз ефективності визначення положення об'єкта в приміщенні на основі RSS-вимірювань, з використанням алгоритму трилатерації. Отримані СКВ похибки оцінки положення об'єкта порівняні з нижньою границею Рао-Крамера та досліджено вплив кількості маяків що використовується для розрахунку.

Ключові слова: Bluetooth beacon, RSS-вимірювання, метод найменших квадратів.

Abstract

An analysis of the effectiveness of determining the position of the object in the room on the basis of RSS-measurements, using a trilateration algorithm. The SLE obtained errors in estimating the position of the object are compared with the lower Rao-Cramer limit and the influence of the number of beacons used for the calculation is investigated.

Keywords: Bluetooth beacon, RSS measurement, least squares method.