

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

асистент Теслюк С.І., студентка Мамонько Д.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра КІТАМ, Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: dasha.mamonko@nure.ua

**Abstract.** In this paper, the methods of localization of an object in distributed sensor networks were considered. Their comparative analysis is carried out, the principle of determining the position of the object is described, their drawbacks are revealed. It is determined that during their implementation computational complexity arises, the amount of data for processing is constantly increasing and the number of sensors or microphones necessary for correct and complete work, the requirements for equipment, on which the coordinates of the object will be determined directly, are increased.

**Актуальність роботи.** В даний час спостерігається збільшення інтересу до вирішення завдання знаходження місцеположення мобільних об'єктів як в глобальних, так і в локальних координатах. Системи глобального позиціонування (GPS і ГЛОНАСС), отримали велике поширення завдяки широкому обхвату і досить високої точності поза приміщеннями. Однак такі системи виявляються неспроможними всередині будівель через перешкоди від апаратури в приміщеннях, а також поглинання сигналу корпусом самої будівлі.

Задача локалізації джерела сигналу є базовою в багатьох спеціалізованих системах, основним призначенням даних систем є визначення місця розташування рухомих об'єктів усередині приміщень. Дослідження локалізації об'єкта в виробничих приміщеннях є надзвичайно актуальною, оскільки вони на сьогоднішній день використовуються в багатьох системах, завдяки використанню сучасних сенсорів.

**Основна частина.** Методи локального позиціонування умовно можна поділити на 2 основні групи, в залежності від способу визначення місцезнаходження об'єкта (мобільного пристрою, МП): – метод, заснований на використанні тріангуляції; – метод, заснований на використанні трилатерації.

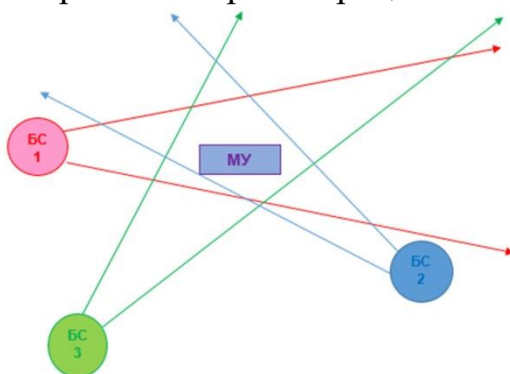


Рисунок 1 – Метод тріангуляції

Метод AoA (angle of arrival) заснований на визначенні напрямку на джерело сигналу. Для цього використовуються базові станції (БС), забезпечені декількома антенами: антеною, що обертається або фазованою антеною решіткою. Принцип розташування базових станцій показано на рисунку 1.

Отримавши направлення на джерело сигналу від БС, можна визначити місце його знаходження. Чим більше кількість БС, тим точніше можна визначити цю зону. Недоліки даного методу:– складність антени; – низька точність визначення місця розташування мобільного пристрою. Трилатерація являє собою суцільну мережу прилеглих один до одного трикутників, в яких вимірюють довжини всіх сторін; два пункти, як мінімум, повинні мати відомі координати.

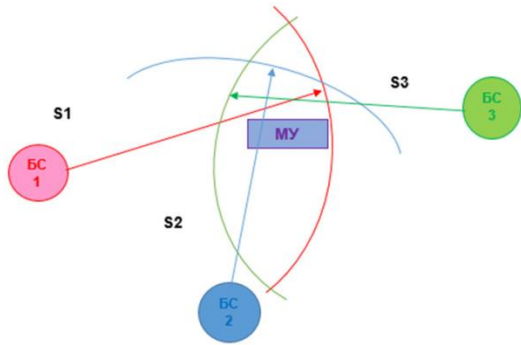


Рисунок 2 – Визначення вершин трикутників

теж виконується за формулами лінійної засічки.

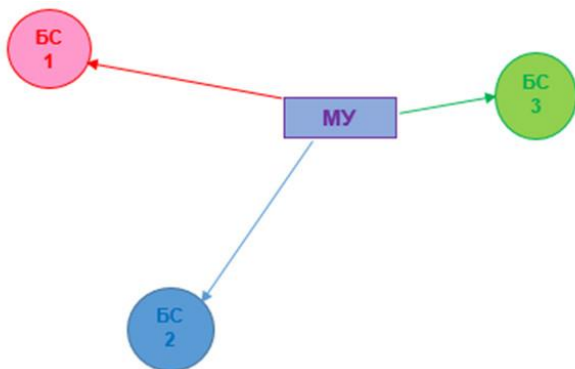


Рисунок 3 – Метод ТоА

відправленням сигналу мобільним пристроєм і отриманням його. На рисунку 3 показано принцип визначення позиції за методом ТоА. Недоліки даного методу: – необхідність синхронізації часу на всіх БС і МП; – складні алгоритми визначення місця розташування мобільного пристрою.

Метод ТоА дозволяє розпізнавати станції, як в двовимірному просторі, так і в тривимірному. Єдина відмінність полягатиме в тому, що потрібно збудувати не окружності, а сфери з заданим радіусом. Головними труднощами даного методу є те, що необхідно мати точну тимчасову синхронізацію всіх станцій. особливо складно синхронізувати за часом мобільні станції. При наявності помилок в синхронізації навіть на кілька відсотків виникає велика помилка в визначенні відстані через великій швидкості поширення сигналу.

Системи ТОА в основному вирішують рівняння швидкість дорівнює часу відстань,  $v \cdot t = d$ , або більш конкретно,  $v \delta t = \delta l$ , де  $\delta t = (t_i - t)$  різниця

Рішення першого трикутника трилатерації, в якому відомі координати двох пунктів і виміряні дві сторони, можна виконати за формулами лінійної засічки, причому потрібно вказувати праворуч або ліворуч від опорної лінії АВ розташовується вершина 1.

У другому трикутнику також є відомими координати двох вершин і довжини двох сторін; його рішення

Метод ТоА (time of arrival) заснований на вимірюванні затримки поширення радіосигналу між мобільним пристроєм і БС. Мінімальна кількість вимірювань для визначення місця розташування МП дорівнює трьом. Мобільний пристрій відправляє сигнал в точно відомий БС час. БС вимірює часовий інтервал між

між часом прибуття  $t_i$  в точці і джерелом за час  $t$ , і  $\delta t$  є відстанню між місцем розташування при вимірюванні  $x_i, y_i, z_i$  і місцем розташування джерела  $x, y, z$ . Таким чином, з теореми Піфагора, отримуємо, що

$$v(t_i - t) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}$$

Вимірювання ти в 4-х або більше місцях досить для визначення 4 невідомих  $x, y, z$ , і  $t$ . Приклад вимірювання можна побачити на рисунку 4.

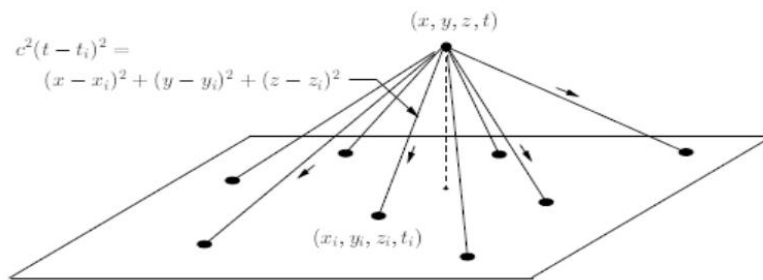


Рисунок 4 – Вимірювання в ТОА

Метод TDoA (time difference of arrival) заснований на вимірюванні різниці в часі передачі сигналу від мобільного пристрою до БС, з синхронізованими годинами і заздалегідь відомим місцем розташування. На рисунку 5 показано принцип визначення позиції за методом TDoA.

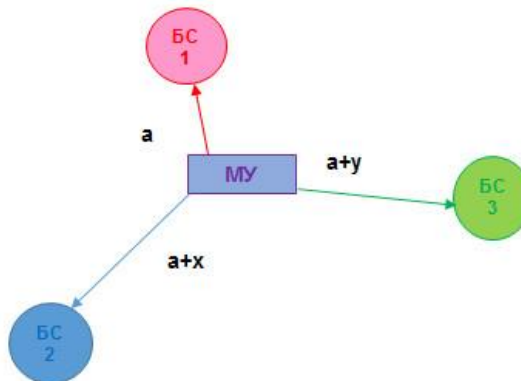


Рисунок 5 – Метод TDoA

Знаючи різницю в часі отримання сигналу за допомогою математичної обробки можна отримати відстань від мобільного пристрою до базових станцій. Недоліки даного методу: – необхідність синхронізації часу між усіма мобільними пристроями; – складні алгоритми визначення місця розташування мобільного пристрою.

В методі Time Difference of Arrival використовується відношення виміряного часу на кожній приймальній станції замість вимірювання абсолютного часу. Через це немає необхідності суворо синхронізувати за часом все станції, які є в системі. Необхідно, щоб було синхронізовано час тільки на стаціонарних приймальних станціях.

Time difference of arrival являє собою техніку, яка використовується в пеленгації і навігації, в якому час приходу конкретного сигналу, при фізично окремих приймальних станцій з точно синхронізованими тимчасові посилення, обчислюються.

TDOA не слід плутати з часом прибуття (TOA). Навіть якщо потік TDOA виклик буде виглядати практично так само, як потік TOA виклику, є різниця в тому, як обчислюється розташування. TDOA і TOA схожі, але є різниця. TOA відрізняється тим, що він використовується абсолютний час прибуття на певну базову станцію, а не різницю між часом надходження на дві станції. Відстань може бути безпосередньо розрахована з моменту прибуття, так як сигнали передаються з відомою швидкістю. Час прибуття даних з двох базових станцій будуть звужувати положення двох точок і даних третьої базової станції потрібно вирішити точне положення.

**Висновки.** Необхідно відзначити, що для визначення місця розташування більшість систем використовують комбінацію методів, тому що такий підхід дозволяє усунути недоліки одного методу, доповнивши властивостями іншого. До того ж, різні системи ставлять перед собою різні завдання, для вирішення яких можуть також знадобитися різні методи. Метод вимірювання відстані залежить від наявного устаткування і наявності синхронізації між БС і мобільним пристроєм.

В залежності від складності існуючої задачі для визначення координат джерела та наявних технічних засобів необхідно обирати метод визначення враховуючи всі можливі ситуації. Необхідно одночасно враховувати бажану точність визначення місцеположення джерела, кількість самих джерел, що можуть створювати звук одночасно, кількість мікрофонів, що будуть оброблювати звук, синхронізацію між цими мікрофонами.

Для додатків реального часу локалізації МП, однією з головних проблем є значне зростання обчислювальної складності, пов'язані з появою все більш великих, активний чи пасивний, 24 розподілених сенсорних мереж. Ці датчики в значній мірі залежать від компонентів системи на батарейках для досягнення високої функціональної автоматизації в передачі сигналів і обробки інформації. Для того щоб зберегти вимоги до зв'язку мінімальним, бажано виконувати якомога більше обробки на приймачі платформах, якщо це можливо.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Gints Jekabsons, Vadim Kairish, Vadim Zuravlyov An Analysis of Wi-Fi Based Indoor Positioning Accuracy // Scientific Journal of Riga Technical University Computer Science. – 2010.
2. Системы локального позиционирования / [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www. URL: http://www.wless.ru/technology/?tech=11](http://www.wless.ru/technology/?tech=11) – 10.10.2018 р – Назва екрану.
3. Novoselov, S., Donskov, O. “Distributed Local Positioning System Using DWM1000 Location Chip” // 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, 2017, pp. 489-492.
4. Овчинников С.В. Системы позиционирования и мониторинга // Технологии и средства связи. – 2014. – № 2. – С. 18–22.