

УДК 004.738

Федосова І. В., Бухаров Д. В.

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ Wi-Fi - ДАТЧИКІВ

В наш час методи визначення місця розташування використовуються повсюдно для вирішення безлічі повсякденних завдань. Система глобального позиціонування GPS практично повністю вирішила проблему зовнішнього позиціонування. Однак цей метод не підходить для вирішення завдань позиціонування всередині приміщень, де він показує вкрай низьку точність, або повністю непрацездатний. Це призвело до звернення уваги на проблему позиціонування усередині приміщенні. Було розпочато пошук найбільш ефективних методів визначення позиції пристрою в умовах знаходження у будівлі. Дана стаття присвячена розробці програмного забезпечення для мобільного пристрою на базі ОС Android для визначення місцезнаходження пристрою на основі даних з Wi-Fi-датчиків.

Геолокація пристрою на основі даних з Wi-Fi - датчиків полягає у визначенні відстані до точок доступу на основі даних, одержуваних за допомогою датчиків пристрою і подальше використання математичних методів для розрахунку відносного положення пристрою. У процесі визначення відстані від джерела сигналу використовуються дані про силу отриманого сигналу, RSS з датчиків, які присутні в кожному пристрої, здатному працювати з бездротовими Wi-Fi - мережами. Для безпосереднього розрахунку відносної позиції пристрою використовується метод, який не потребує тренувального періоду, трилатерація.

У ході роботи розглянуті існуючі методи що призначені для визначення місцезнаходження пристрою, етапи визначення місця розташування, побудована математична модель, розроблено програмне забезпечення для мобільного пристрою на базі ОС Android. У висновках представлені вимірювання, що були проведені за допомогою розробленого програмного забезпечення.

Ключові слова: позиціонування всередині приміщення, Angle of Arrival, Time of Arrival, Time Difference of Arrival, Received Signal Strength, трилатерація, триангуляція, метод відбитків, модель втрат сигналу у просторі.

Вступ. Геолокація – це визначення реального географічного місцезнаходження електронного пристрою, наприклад мобільного телефону або комп'ютера, підключеного до Інтернету.

У сучасному світі майже всі мобільні пристрої оснащуються великою кількістю датчиків, які можна використовувати для визначення місцезнаходження пристрою. Однак різні типи датчиків показують високу ефективність тільки в певних умовах роботи.

Найбільш поширеним методом визначення місця розташування пристрою на сьогоднішній день є GPS-навігація. Цей метод геолокації показує себе з найкращого боку на відкритих просторах, бо пристрій потребує обмінюватися сигналом з GPS-супутниками. Однак в закритих приміщеннях даний метод не тільки не демонструє точних результатів а й часто повністю непрацездатний.

Усередині приміщень Wi-Fi є хорошою альтернативою GPS, сигнали якого недоступні. У більшості випадків Wi-Fi система позиціонування є легкою в установці, так як Wi-Fi точки доступу вже доступні в багатьох приміщеннях.

Метою даної роботи є розробка програмного засобу для визначення місцезнаходження пристрою за допомогою даних з Wi-Fi - датчиків. Даний програмний засіб дозволить визначати місцезнаходження користувача у приміщенні, в якому є активні точки доступу Wi-Fi, а також відомі їх координати.

Розроблений програмний засіб для пристроїв на базі ОС Android, засновуючись на даних про рівень сигналу, отриманого з точок доступу, має надавати інформацію про поточне місцезнаходження пристрою.

Вибір методу і розробка алгоритму визначення місцезнаходження проводилася на основі інформації, що була отримана з існуючих статей та публікацій за темою геолокації на основі датчиків мобільного пристрою. У статті наведена таблиця результатів визначення місцезнаходження, що була отримана за допомогою розробленого додатку на основі обраного методу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному світі дуже поширені технології для визначення місцезнаходження. Майже у кожної людини у наявності є мобільний пристрій, оснащений багатьма датчиками.

Серед багатьох датчиків, для визначення місцезнаходження пристрою у приміщенні найбільш часто використовуються Wi-Fi - датчики. Вони дозволяють визначати місцезнаходження у будівлях, тоді як GPS-датчики дають дуже неточні результати, або навіть взагалі непрацездатні у таких умовах.

Визначення місцезнаходження у приміщенні за допомогою Wi-Fi - датчиків включає вирішення двох основних завдань:

- вимірювання сигналу,
- безпосередньо розрахунок місцезнаходження.

Перше завдання можна вирішити, вимірювання сигналу вирішуються декількома різними методами. Основні з них – сила отриманого сигналу (RSS), кутовий метод (AOA), а також методи, що базуються на часі [1].

У статті [2] описується метод RSS – метод, який доступний тільки для радіосигналів. Він дозволяє виміряти відстань до невідомого вузла до іншого. Дані RSS може використовуватися для двох видів визначення місцезнаходження, для методу відбитків, що потребує тренувальної стадії для створення карти відбитків, або у методі трилатерації. Модель розмноження сигналу встановлює зв'язок між силою отриманого сигналу та відстанню. Для визначення відстані до точки доступу у статті [2] наводиться наступна формула:

$$PL(d) = P_t - P(d) = PL(d_0) + n10lg \frac{d}{d_0}, \quad (1)$$

де d – відстань до пристрою, $PL(d)$ – втрата потужності сигналу на відстані d , P_t – потужність передатчика, $P(d)$ – потужність сигналу на пристрої-приймачі на відстані d , d_0 – відстань 1 метр, n – коефіцієнт розповсюдження сигналу у середовищі.

AOA, техніка, що також зветься кутом прибуття завдяки використанню кутів. Вона визначає кут надходження мобільного сигналу, що надходить з відомого місця, в якому він

приймається на декількох базових станціях. Для визначення місцезнаходження на двумірній площині за цією технікою, потрібні лише два маяки, однак для підвищення точності методу, можна використовувати три або більше маяки. Для пошуку напрямку потрібні високоспрямовані антени або антенні решітки. Автори відзначають, що у даного метода є свої обмеження. АOA вимагає додаткових антен, здатних вимірювати кути, які збільшують вартість впровадження системи на базі цієї технології [2].

TOA (Time of Arrival) – це час, що знадобився сигналу, щоб пройти відстань між передавачем та приймачем. Помноживши час у дорозі на швидкість світла можна розрахувати відстань. Для вимірювання часу руху у повітрі цей підхід зазвичай вимагає синхронізації між передавачами та приймачами [3].

TDOA (Time Difference of Arrival). Основна ідея цього підходу полягає в оцінці інформації про дальність вимірювання різниці часу прийняття двох сигналів на приймачі. Оскільки в цій техніці не вимірюється час подорожі сигналу, і, отже, не потрібні дані з початкових позначок часу, недоліки методу TOA вже неактуальні. Цей підхід часто використовується для додатків що реалізують велику кількість вузлів. Для методу вимагається повна або часткова синхронізація вузлів [4].

Щоб вирішити друге завдання використовується один з методів, що були наведені у статті [5]. Автори наступним чином описують основні методи:

Алгоритми трилатерації. Цей метод вимірює відстань до станції від мобільних пристроїв. Автори вказують, що в цьому методі можуть використовуватися RSS, ToA, TDoA, що були описані вище. Для використання цього метода необхідні якнайменше три точки доступу, для яких відоме їх місцезнаходження.

Алгоритми триангуляції. Для цього методу найбільш часто використовуються виміри кута прибуття (AoA) або кута вильоту (AoD). Місце розташування визначається за допомогою кута сигналів користувача і опорних вузлів.

Аналіз сцени. Один з найбільш поширених алгоритмів цього типу – метод відбитків. Даний метод має два основних етапів – навчальний і локалізацію. Фазу навчання зазвичай розглядають як офлайн, а фазу локалізації – як онлайн. У фазі навчання збираються певні дані про місцезнаходження. На онлайн-фазі відбувається безпосередньо визначення місцезнаходження. Для визначення місцезнаходження відбувається порівняння сили сигналу, отриманої на офлайн фазі, з отриманою на онлайн фазі.

На основі вивчених даних було вирішено використовувати метод трилатерації. Цей метод має досить високу точність, при цьому маючи помірну розрахункову складність, дозволяє працювати з метрикою RSS, яку можна отримати за допомогою розповсюджених смартфонів, а отже не потребує додаткового технічного обладнання, а також дозволяє одразу працювати в онлайн-режимі, без попередніх етапів для підготовки даних про місцезнаходження.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої на початку роботи мети необхідно виконати наступні завдання:

- розглянути методи визначення місцезнаходження, що використовують Wi-Fi - датчики, а також їх ефективність і недоліки;
- підготувати набір точок доступу, що будуть використовуватися для роботи алгоритму і визначити їх місцезнаходження;
- визначити метод розрахунку відстані від точки доступу з відомими координатами до пристрою-приймача на основі отриманої сили сигналу, RSS;

- визначити метод розрахунку позиції пристрою;
- розробити додаток для мобільних пристроїв на базі ОС Android, з реалізацією обраного методу визначення позиції;
- провести виміри за допомогою отриманого додатку.

Основний матеріал дослідження. У ході вивчення матеріалів на тему визначення місцезнаходження у приміщенні за допомогою Wi-Fi - датчиків було знайдено багато методів, що дозволяють вирішити поставлене завдання. Однак деякі з них потребують спеціального обладнання або стадії попередньої підготовки даних, як наприклад показано у статті [6]. Автори у цій статті створюють карту відбитків, що характеризує приміщення.

У статті [7] наведені декілька варіантів розрахунку відстані від точки доступу до пристрою на основі даних про силу отриманого сигналу. Модель втрат з логарифмічною відстанню – це модель розповсюдження радіоволн, що прогнозує втрати на трасі, з якими стикається сигнал у приміщенні. Модель застосовується для моделювання розповсюдження сигналу у приміщенні. Дана модель базується на законі відстані-потужності і виражається наступною формулою:

$$PL(d) = P_t - P(d) = PL(d_0) + n10lg \frac{d}{d_0}, \quad (2)$$

де d – відстань до пристрою, $PL(d)$ – втрата потужності сигналу на відстані d , P_t – потужність передатчика, $P(d)$ – потужність сигналу на пристрої-приймачі на відстані d , d_0 – відстань 1 метр, n – коефіцієнт розповсюдження сигналу у середовищі.

Далі, отримані дані для кожної точки доступу використовуються у методі трилатерації.

Метод трилатерації дозволяє позиціонувати мобільний пристрій у приміщенні. Це досягається за допомогою визначення відносного місцезнаходження пристрою за допомогою геометричного розрахунку відстані.

Як сказано у статті [8], для розрахунку необхідні три точки доступу, для яких відомі їх координати. Тоді ми можемо побудувати рівняння кіл:

$$d_1^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 \quad (3)$$

$$d_2^2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 \quad (4)$$

$$d_n^2 = (x_n - x)^2 + (y_n - y)^2 \quad (5)$$

де $x_1, x_2, x_n, y_1, y_2, y_n$ являють собою координати точок доступу.

d_1, d_2, d_n – дистанції від точок доступу до пристрою-приймача.

Отже точка перетину, цих трьох кіл і є відносне місцезнаходження пристрою-приймача. Схематично це можна показати так:

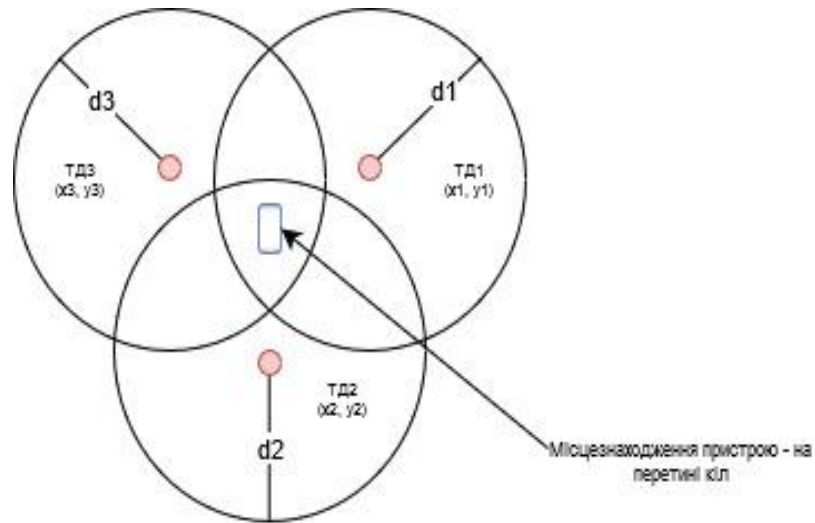


Рисунок 1 – Схематичне зображення методу трилатерації

Для проведення замірів були встановлені три точки доступу з координатами: (5.16, 3.0), (0.9, 5.5), (5.35, 4.7). Заміри проводилися за допомогою додатку, що був розроблений у процесі роботи. Вікно додатку показано на рисунку 2:

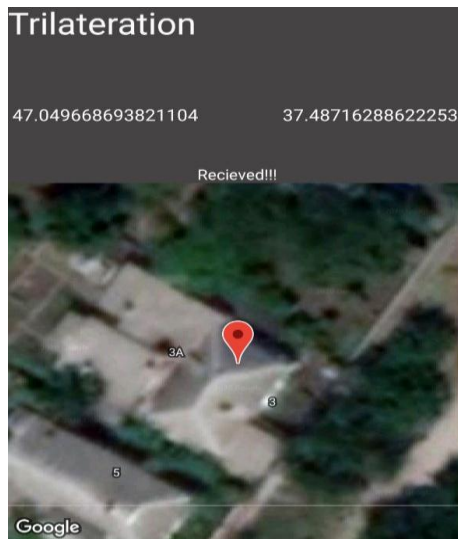


Рисунок 2 – Вікно розробленого додатку

Далі у різних місцях будівлі були проведені заміри місцезнаходження за алгоритмом трилатерації. Для більш наглядного порівняння реального місцезнаходження з розрахунковим у якості одиниць виміру замість координат карт Google будемо використовувати метри. Результати проведеного тестування наведені у таблиці 1:

Таблиця 1 – Реальне місцезнаходження і заміри

№ заміру	Реальне місцезнаходження(м)	Виміряне місцезнаходження (м)
1	(1.7, 2.7)	(1.9, 1.4)
2	(3.0, 4.3)	(2.9, 5.1)
3	(3.2, 7.3)	(4.0, 6.1)
4	(1.5, 5.0)	(2.8, 4.8)
5	(1.7, 5.2)	(2.4, 5.1)
6	(2.1, 5.0)	(3.0, 5.6)

У таблиці 1 можна побачити виміряне за алгоритмом місцезнаходження і реальну позицію пристрою.

ВИСНОВКИ

Таким чином, у роботі були розглянуті методи визначення місцезнаходження у приміщенні. Було розроблено додаток для мобільних пристроїв на ОС Android. Для визначення місцезнаходження у додатку використано алгоритм трилатерації, а також модель втрат з логарифмічною відстанню для визначення відстані до точок доступу. У якості метрики для розрахунку відстані використано RSS. У майбутньому планується доопрацювання додатку для використання мультитлатерації на основі методу лінійних найменших квадратів для покращення результатів розрахунків.

Список використаних джерел:

1. Evolution of in-door positioning technologies: A survey [Electronic resource] / *R. F. Brena [et al.]* // Journal of Sensors. – 2017. – Vol. 2017. – Article ID 2630413. – P. 1–21. – Mode of access: <https://downloads.hindawi.com/journals/js/2017/2630413.pdf>
2. Wireless Indoor Localization Systems and Techniques: Survey and Comparative Study [Electronic resource] / *Ahmed Azeez Khudhair, Saba Qasim Jabbar, Mohammed Qasim Sulttan, Desheng Wang* // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2016. – Vol. 3, N 2, August. – P. 392–409. – Mode of access: <http://ijeecs.iaescore.com/index.php/IJECS/article/view/4096/868>
3. *Yang, C.* WiFi-based indoor positioning [Electronic resource] / *C. Yang, H. Shao* // IEEE Communications Magazine. – Vol. 53, N 3, March. – P. 150–157. – Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7060497>
4. *Zandian, R.* Ultra-wideband Based Indoor Localization of Mobile Nodes in ToA and TDoA Configurations [Electronic resource]: E-Dissertation / *Zandian Reza*. – [S.l.], 2019. – 255 p. – Mode of access: <https://pub.uni-bielefeld.de/download/2934897/2934898/PhD%20Thesis.pdf>
5. *Turgut, Z.* Indoor localization techniques for smart building environment [Electronic resource] / *Z. Turgut, G.Z.G. Aydin, A. Sertbas* // Procedia Computer Science. – Vol. 83. – P. 1176–1181. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.04.242>
6. *Luo, J.* A Smartphone Indoor Localization Algorithm Based on WLAN Location Fingerprinting with Feature Extraction and Clustering [Electronic resource] / *J. Luo, L. Fu* //

Sensors. – 2017. – Vol. 17, N 6. – 1339. – P. 1–18. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/s17061339>

7. Patel, K. R. Indoor Radio Propagation Model Analysis Wireless Node Distance and Free Space Path Loss Measurements and Using Ultra-wideband (UWB) Technology [Electronic resource] / K. R. Patel, R. Kulkarni // Journal of Engineering Research and Applications. – Vol. 5, N 6. – P. 20–32. – Mode of access: http://www.ijera.com/papers/Vol5_issue6/Part%20-%204/D56042032.pdf

8. Trilateration Technique for WiFi-Based Indoor Localization / Veli Ilci, V. E. Güllal, R. M. Alkan, H. Çizmeçi // ICWMC 2015 : The Eleventh International Conference on Wireless and Mobile Communications (St. Julians, October 11–16, 2015 y.). – [S. l.], 2015. – P. 25–28.

Федосова И. В., Бухаров Д. В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ УСТРОЙСТВА С ПОМОЩЬЮ WI-FI - ДАТЧИКОВ

В настоящее время методы определения местоположения используются повсеместно для решения множества повседневных задач. Система глобального позиционирования GPS практически полностью решила проблему внешнего позиционирования. Однако этот метод не подходит для решения задач позиционирования внутри помещений, где он показывает крайне низкую точность, или полностью неработоспособен. Это привело к обращению внимания на проблему позиционирования внутри помещения. Был начат поиск наиболее эффективных методов определения позиции устройства в условиях нахождения в здании. Данная статья посвящена разработке программного обеспечения для мобильных устройств на базе ОС Android для определения местоположения устройства на основе данных с Wi-Fi-датчиков.

Геолокация устройства на основе данных с Wi-Fi-датчиков заключается в определении расстояния до точек доступа на основе данных, получаемых с помощью датчиков устройства и дальнейшее использование математических методов для расчета относительного положения устройства. В процессе определения расстояния от источника сигнала используются данные о силе полученного сигнала, RSS с датчиков, которые присутствуют в каждом устройстве, способном работать с беспроводными Wi-Fi - сетями. Для непосредственного расчета относительной позиции устройства используется метод, не требующий тренировочного периода, трилатерация.

В ходе работы рассмотрены существующие методы предназначенные для определения местоположения устройства, этапы определения местоположения, построена математическая модель, разработано программное обеспечение для мобильного устройства на базе ОС Android. В выводах представлены измерения, проведенные с помощью разработанного программного обеспечения.

Ключевые слова: *позиционирование внутри помещения, Angle of Arrival, Time of Arrival, Time Difference of Arrival, Received Signal Strength, трилатерация, триангуляция, метод отпечатков, модель потерь сигнала в пространстве.*

Fedosova I. V., Bukharov D. V.

DETERMINING THE LOCATION OF THE DEVICE USING WI-FI - SENSORS

Nowadays, location methods are widely used to solve many everyday problems. The GPS global positioning system has almost completely solved the problem of external positioning. However, this method is not suitable for solving positioning problems indoors, where it shows extremely low accuracy, or is completely inoperable. This has led to attention to the problem of positioning indoors. The search for the most effective methods of determining the position of the device in the conditions of being in the building was started. This article focuses on the development of software for a mobile device based on Android OS to determine the location of the device based on data from Wi-Fi sensors.

Geolocation of the device based on data from Wi-Fi sensors is to determine the distance to the access points based on the data obtained by the device sensors and then use mathematical methods to calculate the relative position of the device. In the process of determining the distance from the signal source using data on the strength of the received signal, RSS from the sensors that are present in each device capable of working with wireless Wi-Fi - networks. To directly calculate the relative position of the device using a method that does not require a training period, trilateration.

In the course of work the existing methods intended for determination of a location of the device, stages of determination of a location are considered, the mathematical model is constructed, the software for the mobile device on the basis of OS Android is developed. The conclusions present the measurements that were performed using the developed software.

Keywords: *indoor positioning, Angle of Arrival, Time of Arrival, Time Difference of Arrival, Received Signal Strength, trilateration, triangulation, path loss model.*

Рецензент: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С. С.

Стаття надійшла 11.11.2019 р.

УДК 004.891.3

Федосова І. В., Сметаннікова Є. А.

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХВОРИЮВАННЯ ЗА АНАЛІЗОМ КРОВІ

Використання інтелектуальних інформаційних систем (ІС) в сфері охорони здоров'я стає все більш актуальним. З їх допомогою можна систематизувати знання фахівців, щоб надалі використовувати їх для допомоги в прийнятті рішень в складних завданнях або небезпечних ситуаціях. Проблема медицини полягає в тому, що, найчастіше, дані для постановки діагнозу представлені заплутаними клінічними показаннями. Тому використання ІС стає необхідним, адже від швидкості реакції лікаря залежить життя і здоров'я пацієнта, а системи допоможуть йому швидше і впевненіше поставити вірний діагноз або направити його в правильному напрямку.

У рамках даної роботи були досліджені існуючі експертні системи (ЕС) в медичній галузі. У даний час ЕС допомагають лікарям-фахівцям діагностувати захворювання