

В. В. Пасічник¹, В. В. Савчук¹, О. І. Єгорова²
¹Національний університет “Львівська політехніка”,
²Мукачівський державний університет

МОБІЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВІГАЦІЇ КОРИСТУВАЧА В ПРИМІЩЕННЯХ ЗІ СКЛАДНОЮ ПРОСТОРОВОЮ ОРГАНІЗАЦІЄЮ

© Пасічник В. В., Савчук В. В., Єгорова О. І., 2016

Розглянуто методи навігації користувача в просторово складно організованих приміщеннях, якими є замки, музеї, галереї тощо. Мета статті – розроблення алгоритму позиціонування користувача системою “Мобільний інформаційний асистент туриста” (MIAT) у середині просторово складноорганізованих приміщень. В результаті проведеного дослідження розроблено алгоритм позиціонування користувача в просторі системою MIAT на основі технології Wi-Fi.

Ключові слова: техніки позиціонування, навігація у приміщенні, MIAT, Wi-Fi позиціонування, туризм, інформаційні технології в галузі туризму, е-туризм.

V. Pasichnyk¹, V. Savchuk¹, O. Yegorova²
¹Lviv Polytechnic National University,
²Mukachevo State University

MOBILE INFORMATION TECHNOLOGIES OF NAVIGATION OF A USER IN COMPLEX INDOOR ENVIRONMENT

© Pasichnyk V., Savchuk V., Yegorova I., 2016

The article depicts the indoors positioning technology and user mobile positioning devices. It describes the possibilities of computer technology of indoors positioning of the device when navigating the user through the territory of tourist sites, which are castles, museums, galleries and architectural monuments. Popular positioning technology, which is a GPS (Global Positioning System) is not fully operating in indoor environment and buildings. The most popular alternative information technologies of positioning in a confined spaces are now the Wi-Fi, iGPS, RFID, NFC and technology, based on the relevant processing of visual images. The article shows the analyze of methods of Wi-Fi positioning, their advantages and disadvantages in the context of use in different types of indoor environment. The article shows the defined prototype of technologies of positioning and navigation of tourists which the authors propose to use in the creation of intellectual problem-oriented system “Mobile information assistant of the tourist” (MIAT). The algorithm of positioning of the mobile devices (smartphone, tablet) in a complex tourist sites is presented in the article. The algorithms is based on Wi-Fi triangulation and fingerprints and uses COST231 multi-wall model for user device positioning.

Key words: positioning techniques, indoor navigation, MIAT, Wi-Fi positioning, triangulation, tourism, tourism information technology, e-tourism.

Вступ

Однією з найважливіших принципових особливостей безпроводних телекомунікаційних систем є фактор мобільності та можливість ідентифікації місцезнаходження відповідного користувачького комп'ютерного пристрою [1]. Методи та засоби позиціонування викликають зацікавлення як у науковців, так і у широкого кола розробників з моменту їх появи, оскільки вони забезпечують формування основи для безперервного зростання кількості мобільних програмно-

алгоритмічних застосунків, зокрема призначених і для галузі туризму. Велику увагу приділено розробленню мобільних застосунків, оснований на інформації про поточне місцезнаходження користувача на відкритому просторі (міста, дороги, поля, ліси, океани тощо), водночас порівняно мало уваги приділяється вирішенню проблем, що виникають у процесах позиціонування та навігації користувача у середині будівель [2–7].

Аналіз інформаційних джерел

Безпроводні мережі є одними з найпопулярніших технологій визначення місця розташування, оскільки сучасна Wi-Fi інфраструктура доволі потужна та складна, а Wi-Fi приймачі зазвичай є практично у всіх сучасних мобільних комп'ютерних пристроях.

Метод навігації на базі Wi-Fi відбитків – значень, що ґрунтуються на обчисленнях потужності прийнятого сигналу (англ. received signal strength, RSS) залежно від місця розташування його джерела, завоював широку популярність, оскільки з його використанням можна визначити місце перебування користувача без задіявання інформації про розташування точки доступу або моделі пристрою поширення сигналу [6].

Проте зазначена технологія має недоліки, що проявляються на етапі і створення, і обслуговування мережі:

- потреба в потужних мережевих ресурсах;
- недостатня можливість адаптації до динаміки навколишнього середовища [7].

Щоб досягти необхідної точності під час визначення місця розташування користувацького пристрою, відбитки Wi-Fi RSS з різних точок доступу повинні бути виміряні за допомогою відповідної кількості точок калібрування [8]. Тому створення та обслуговування зазначеної навігаційної системи вимагає великих затрат часу та людських ресурсів.

Ще одна істотна проблема, яка потребує вирішення під час обслуговування зазначеної навігаційної системи, – це адаптація до змін навколишнього середовища. Це зумовлено тим, що база цих відбитків Wi-Fi RSS будується та наповнюється офлайн, тому наявні в системі дані карти Wi-Fi сигналів можуть не відповідати інформації, отриманій на етапі функціонування системи [8]. Фактори навколишнього середовища, такі як наявність людей, двері, що відчиняються та зачиняються та навіть зміни вологості повітря помітно впливають на RSS безпроводних мереж, що призводить до серйозних похибок у визначенні місця розташування користувацького пристрою.

Ще одним методом визначення місця розташування користувача є метод триангуляції з побудовою мереж з прилеглих один до одного трикутників та визначенням розташування їх вершин у вибраній системі координат [10]. Для підвищення точності позиціонування в мережі Wi-Fi точки доступу слід розміщувати щільніше одну до одної, оскільки інтенсивність згасання сигналу і відстань до відповідної точки доступу мають експонентну залежність.

Мета та завдання статті

Метою статті є розроблення алгоритму позиціонування користувача системою “Мобільний інформаційний асистент туриста” (“MIAT”) в середині просторово складноорганізованих приміщень.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання:

- аналізування методів позиціонування користувача на базі мережі Wi-Fi;
- проведення аналізу умов, які безпосередньо впливають на результати позиціонування;
- розроблення алгоритму позиціонування користувача системою MIAT.

Виклад основного матеріалу

Науковці Національного університету “Львівська політехніка” розробляють інноваційну інтелектуальну систему “Мобільний інформаційний асистент туриста” (MIAT)[11]. Проектом передбачено реалізувати підсистему навігації користувача в просторово складноорганізованих туристичних об'єктах, якими є замки, палаци, музеї та галереї.

Беручи до уваги особливості такого об'єкта, як замок, пропонується використовувати Wi-Fi технології. В закритих приміщеннях використовуватиметься технологія позиціонування Wi-Fi, основана як на Wi-Fi відбитках, так і на алгоритмі триангуляції. Переважна більшість стін замкових

приміщень завтовшки від 0,5 до 2 м, тому кожне окреме приміщення повинно мати свою підмережу Wi-Fi, що складається мінімум з трьох точок доступу. Пропонується використовувати Wi-Fi мережу стандарту 802.11a (див. рис. 1).

Процес визначення місця розташування користувача складається з двох фаз: фази навчання та фази позиціонування. Фаза навчання полягає у збиранні та тестуванні інформації, отриманої із мережі Wi-Fi:

$$WiFiDataS = \langle (Weather), (People), (x, y, z), (RSSI_1, RSSI_2, \dots, RSSI_m), \Delta \rangle, \quad (1)$$

$$WiFiDotS = \langle L, \overline{n_w}, \overline{L_w} \rangle, \quad (2)$$

де $WiFiDataS$ – навчальні дані Wi-Fi мережі, що являють собою набір пар геокоординат (x, y) та масив Wi-Fi відбитків (потужностей вхідних сигналів) $(RSSI_1, RSSI_2, \dots, RSSI_m)$, зібраних у визначеній точці та за визначеними умовами: $Weather$ – погодні умови, $People$ – кількість відвідувачів, розміщених у радіусі до 10 м від опрацьовуваної точки; Δ – похибка, яка вказує на різницю обчислень в наближеному до ідеального стані приміщення (безлюдно, хороші погодні умови) та у поточному стані; $WiFiDotS$ – набір даних про точки доступу мережі, а саме: L – коефіцієнт втрати потужності сигналу залежно від збільшення відстані до джерела; n_w – кількість стін типу w , розміщених у радіусі дії сигналу конкретної точки доступу; L_w – коефіцієнт втрати потужності під час проходження сигналу через стіну типу w .

Зазначені відомості збирають за різних погодних умов та за різної кількості відвідувачів туристичного об'єкта. Їх записують у відповідні бази даних системи, а надалі використовують для визначення місця розташування конкретних користувачів.

Фаза позиціонування полягає у паралельному збиранні та опрацюванні даних мережі Wi-Fi. Алгоритм позиціонування на базі Wi-Fi мережі полягає у послідовному виконанні таких кроків:

Крок 1. Вимірювання поточних Wi-Fi відбитків:

$$WiFiDataDevice = (RSSI_1, RSSI_2, \dots, RSSI_m), \quad (3)$$

$$WiFiDataDot = \langle (x, y, z), (RSSI_1, RSSI_2, \dots, RSSI_m) \rangle, \quad (4)$$

де $WiFiDataDevice$ – масив поточних Wi-Fi відбитків, зібраних користувацьким пристроєм, а $WiFiDataDot$ – поточні дані, зібрані трьома найближчими Wi-Fi точками мережі.

Крок 2. Визначення координат розташування користувацького пристрою. З метою визначення координат пристрою користувача спочатку система порівнює дані $WiFiDataDot$ з $WiFiDataDevice$, що вкаже, чи розташований зазначений пристрій безпосередньо поблизу однієї з точок доступу. Якщо таке порівняння не дало результатів, координати визначають за алгоритмом триангуляції на базі емпіричного методу позиціонування з урахуванням стін [9]:

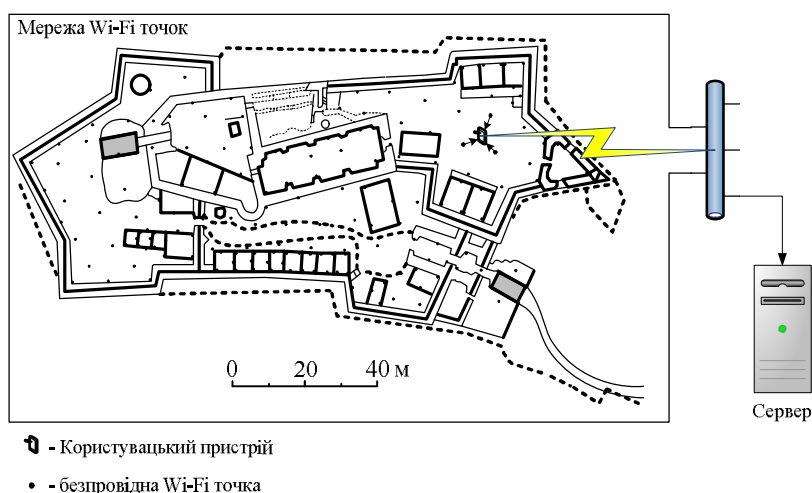


Рис. 1. Розміщення Wi-Fi точок на території замку м. Хуст (радіус дії точок доступу $r = 10$ м)

Відповідно до методу COST231 [9] для обчислення відстані від конкретної точки доступу до користувачького комп'ютерного пристрою необхідно розв'язати таке рівняння:

$$RSSI_i^4 = L_i + \sum_j^W nw_j^i Lw_j^i + 20 \log S_{i,4}, \quad (5)$$

де $S_{i,j}$ – фактична відстань між точками i та j , $RSSI_i^j$ – сила сигналу i , отриманого пристроєм j ; L_i – коефіцієнт втрати потужності сигналу залежно від збільшення відстані від пристрою до джерела i ; nw_j^i – кількість стін певного типу; Lw_j^i – коефіцієнт згасання сигналу від джерела i під час проходження через стіну конкретної конфігурації; W – кількість стін, різних за типом конструкції, в радіусі дії точки доступу i .

Координати пристрою розраховують за такою системою рівнянь:

$$\begin{cases} S_{1,4} = \sqrt{(x_4 - x_1)^2 + (y_4 - y_1)^2 + (z_4 - z_1)^2} \\ S_{2,4} = \sqrt{(x_4 - x_2)^2 + (y_4 - y_2)^2 + (z_4 - z_2)^2} \\ S_{3,4} = \sqrt{(x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2 + (z_4 - z_3)^2} \end{cases} \quad (6)$$

Крок 3. Розрахунок похибки результатів дослідження. Щоб визначити похибку позиціонування, здійснюється пошук спільних даних між *WiFiDataS* та *WiFiDataDot*. У разі виявлення найнаближеніших до поточних даних, зібраних з трьох Wi-Fi точок, отримуємо набір похибок Δ , що вказують на наявність та вагомість перешкод на шляху сигналу (див. формули (1), (7)), на основі яких обчислюємо поточну похибку позиціонування Δ_{pos} :

$$\Delta_{pos} = \sum_i^4 \Delta_i. \quad (7)$$

Аналіз результатів дослідження

В статті запропоновано розроблений алгоритм позиціонування мобільного пристрою користувача (смартфона, планшета) в просторово складноорганізованих туристичних об'єктах, що полягає у використанні Wi-Fi триангуляції та відбитків сигналів. В алгоритмі використовується модель позиціонування об'єкта в просторі COST231, що враховує різні за типом конструкції та пропускної здатності стіни.

Автори статті вибрали технологію Wi-Fi позиціонування, оскільки вона найпридатніша за поставлених умов за критеріями доступності, точності та швидкості опрацювання інформації.

Висновок

Основні зусилля дослідників сьогодні зосереджуються на розробленні ефективних алгоритмів опрацювання навігаційних даних для підвищення точності процедур позиціонування та покращення технологічної сумісності різних користувачьких пристроїв.

У результаті проведеного дослідження автори статті розробили алгоритм функціонування навігаційної компоненти системи МІАТ в умовах складноструктурованих туристичних об'єктів.

У статті подано аналіз технології Wi-Fi та методів позиціонування і навігації користувачького пристрою у закритих приміщеннях. Розроблений алгоритм враховує складність структури таких приміщень, як замки, музеї, архітектурні пам'ятки тощо.

1. Bekkelien A. *Bluetooth Indoor Positioning*. Master of Computer Science. University of Geneva, March. 2012. 2. Akcan H. *GPSFree node localization in mobile wireless sensor networks* / Akcan H., Kriakov V., Brönnimann H. and Delis A. // *Proceedings of MobiDE'06*. Chicago, Illinois, USA, 2006. P. 35–42. 3. *ANSI/ASME Performance Evaluation of Laser-Based Spherical Coordinate // Measurement Systems*. 2006. 4. *ARC Second Product Literature* / *ARC Second* // *Company website*. URL: <http://arcsecond.com>. 5. *Precision and Accuracy in an Indoor Localization System* / Chen M., Cheng F.

and Gudavalli // *R Technical Report CS294-1/2*. University of California, Berkeley, USA, 2003. 6. *WiFi-Aided Magnetic Matching for Indoor Navigation with Consumer Portable Devices* / You Li, Yuan Zhuang, Haiyu Lan, Peng Zhang, Xiaoji Niu, Naser El-Sheimy // *Micromachines*. Vol. 6. 2015. P. 747–764. 7. *Robust indoor localization and tracking using GSM fingerprints* / Ye Tian, Bruce Denby, Iness Ahriz, Pierre Roussel, Gerard Dreyfus // *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. 2015. P. 12. 8. *A Fast and Precise Indoor Localization Algorithm Based on an Online Sequential Extreme Learning Machine* / Han Zou, Xiaoxuan Lu, Hao Jiang, Lihua Xie // *Sensors*. Vol. 15. P. 1804–1824. 9. Luo M. *Indoor radio propagation modeling for system performance prediction*. URL: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00937481/document>. 10. *Позиціонування в сетях Wi-Fi з високою точністю* // Хабрахабр. URL: <https://habrahabr.ru/company/cisco/blog/270779/>. 11. Савчук В. В., Пасічник В.В. *Інтелектуальна система “Мобільний інформаційний асистент туриста”: функціональні та технологічні особливості* // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Інформаційні системи та мережі”*. 2015. № 832.

References

1. Bekkelien A. *“Bluetooth Indoor Positioning. Master of Computer Science.”*, University of Geneva, March 2012. 2. Akcan Huseyin, Kriakov Vassil, Brönnimann Herve and Delis Alex *“GPSFree node localization in mobile wireless sensor networks”*, *Proceedings of MobiDE’06*, Chicago, Illinois, USA, 2006, pp. 35–42. 3. ANSI/ASME *“Performance Evaluation of Laser-Based Spherical Coordinate”*, *Measurement Systems*, B89.4.19–2006, 2006. 4. *“ARC Second Product Literature”*, Company website, <http://arcsecond.com>. 5. Chen Min, Cheng Fred and Gudavalli Ram *“Precision and Accuracy in an Indoor Localization System”*, *Technical Report CS294-1/2*, University of California, Berkeley, USA, 2003. 6. You Li, Yuan Zhuang, Haiyu Lan, Peng Zhang, Xiaoji Niu, Naser El-Sheimy *“WiFi-Aided Magnetic Matching for Indoor Navigation with Consumer Portable Devices”*, *Micromachines*, Vol. 6, 2015, pp. 747–764. 7. Busra Ozdenizci, Vedat Coskun, Kerem Ok *“ NFC Internal: An Indoor Navigation System”*, *Sensors*, Vol. 15, 2015, pp. 7571–7595. 8. Ye Tian, Bruce Denby, Iness Ahriz, Pierre Roussel, Gerard Dreyfus *“Robust indoor localization and tracking using GSM fingerprints”*, *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2015, p. 12. 9. Luo Meiling *“Indoor radio propagation modeling for system performance prediction”*, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00937481/document>. 10. *“High accuracy positioning in WiFi nets”*, Habrahabr, <https://habrahabr.ru/company/cisco/blog/270779/>. 11. V. V. Savchuk, V. V. Pasichnyk *“Intellectual system “Mobile information assistant of the tourist”: functional and technological features”*, *Journal of Lviv Polytechnic National University department of Information systems and networks*, No. 832, 2015.