

УДК 004.9

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ТА НАВІГАЦІЇ ВСЕРЕДИНІ ПРИМІЩЕННЯ

Петрова О.А., Табунщик Г. В.

THE INFORMATION TECHNOLOGY OF ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF INDOOR NAVIGATION SYSTEMS

Petrova O., Tabunshchik G.

В статті проведений аналіз розроблених методів для підвищення точності визначення координат, швидкості обробки даних, визначення коректного маршруту та верифікації систем indoor-навігації. Наведено класифікацію методів оцінювання надійності систем позиціонування та навігації всередині приміщення. Авторами запропонована інформаційна технологія оцінювання надійності систем позиціонування та навігації всередині приміщення, що враховує метрики як програмного так і апаратного забезпечення

Ключові слова: BLE, RSSI, Beacon, indoor-навігація, визначення поточного положення, верифікація

Вступ. У сучасному світі все більшої популярності набувають технології позиціонування та навігації всередині приміщення. Данні технології дозволяють орієнтуватися в великих приміщеннях та визначати поточне місце знаходження. Основні групи технологій, які використовуються: радіочастотні технології, технології локального позиціонування (інфрачервоні й ультразвукові), радіочастотні мітки.

Важливою проблемою систем позиціонування та навігації є надійність, тобто властивість системи зберігати працездатність в заданих умовах функціонування. Низький рівень надійності системи може призвести до значних витрат на ремонт, простій, аварії. Покращити надійність можливо за рахунок додаткового та більш вартісного обладнання. Але в сучасних економічних умовах важливим завданням є зменшення собівартості та розмірів сучасного обладнання. Також неодмінною умовою підвищення ефективності роботи є оптимальна інформаційна технологія, що володіє гнучкістю, мобільністю й адаптивністю до зовнішніх впливів. Інформаційна технологія передбачає вміння працювати з інформацією та обчислювальною технікою, тому розробка методів

та моделей спрямованих на покращення надійності є актуальною проблемою.

Постановка проблеми. При використанні систем indoor-навігації виникають проблеми точності визначення координат, швидкості обробки даних і визначення коректного маршруту. Виникнення цих проблем сильно впливає на коректність роботи системи. Для вирішення проблем використовувалися данні з маячків, датчиків, карти, голосових повідомлень.

Маячки iBeacon реалізовані з використанням протоколу BLE 4.0. Ці маячки із заданою періодичністю виробляють розсилку сигналу завдяки якій можна ідентифікувати маячок [1]. Для визначення поточного положення на карті беруть показники сигналу RSSI, однак, на практиці параметр рівня сигналу не стабільний, що ускладнює коректне визначення положення. Для підвищення точності можна провести розрахунок за трьома точками.

Для відновлення координат в реальному часі можна використовувати фільтр Калмана, Калмана - Бьюси, гібридний фільтр Калмана. Але використання будь-якого з вищеперерахованих підходів не гарантує низький рівень похибки.

Похибку прогнозу можна зменшити за допомогою застосування відразу двох систем:

- визначення положення за допомогою Beacon маячків,

- використовувати для корекції цього положення інерційну навігаційну систему, що складається з акселерометра, гіроскопа.

Таким чином отримано модифікований інтегрований метод визначення поточного положення на карті приміщення заснований на аналізі сигналу від iBeacon і акселерометра, модифікований методом Калмана, що дозволяє оперативно коригувати значення поточного положення, і дозволяє зменшити похибку.

Після розробки інтегрованого методу виникає необхідність перевірки правильності визначення поточного положення на карті [2]. Для верифікації був розроблений нейро-нечіткий метод з використанням самоорганізованих карт Кохонена [3,4].

Мета. На основі розроблених методів та моделей була поставлена мета підвищення точності оцінки надійності систем позиціонування та навігації всередині приміщення за рахунок розробки інформаційної технології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний етап розвитку теорії надійності систем геолокації ставить перед розробниками завдання більш точної оцінки надійності [5]. Його завданням є розробка теоретичних основ надійності, моделей, методів і практичних технологій для визначення надійності систем навігації всередині приміщення [6].

Задачі надійності систем позиціонування та навігації розглядалися в роботах: Рон Уоттерс [7], Ендрю Г. Демпстер [8], Гапанюк Ю.Е [9] Харченко В.С. [5], Маєвський Д.А. [6], Благодатських В.А. [10], Полонікова Р. І. [11] Хетч С. [12].

Завдання верифікації систем геолокації розглядалися в роботах: Бінгао Лі [13], Гаврилов А.В.[14].

Завдання порівняння і вибору технологій розглядалися в роботах: Кріс Різос [15], Райнер Маутц [16], Щекотов М.С [17].

В якості основних параметрів надійності систем позиціонування і навігації всередині приміщення виділяють [18]:

- параметри безвідмовності (ймовірність безвідмовної роботи, середній наробіток до відмови, середнє напрацювання на відмову, гамма-відсоткова напрацювання до відмови, інтенсивність відмов, параметр потоку відмов, середня частка безвідмовної напрацювання, щільність розподілу часу безвідмовної роботи);

- параметри довговічності (середній ресурс, гамма-процентний ресурс, призначений ресурс, середній термін служби, гамма-процентний термін служби, призначений термін служби);

- параметри ремонтпридатності (ймовірність відновлення працездатного стану, середній час відновлення працездатного стану, інтенсивність відновлення);

- параметри зберігання (середній термін зберігання, гамма-процентний термін зберігання).

На основі аналізу можна зробити висновок, що велика різноманітність моделей оцінки та параметрів надійності потребує розробки методів та їх класифікації.

Класифікація запропонована Благодатських В.А. [10] - найпростіша та розділяє методи на аналітичні (динамічні та статичні) та емпіричні. Аналітичні дають можливість розраховувати кількісні показники надійності. Емпіричні базуються на аналізі структурних особливостей.

Класифікація Полонікова Р. І. [11] розділяє методи на класи по ознаках: структура часу, складність, структура простору вхідних даних, розмітка помилок.

Класифікація Хетча [12] розділяє методи на прогнозовані, вимірювальні та оцінювальні.

Прогнозовані основані на технічних характеристиках системи. Вимірювальні призначені для вимірювання надійності з фіксованою конфігурацією. Оцінювальні базуються на випробуваннях системи.

Класифікація В.С. Харченко [19] ділить на типи: параметричні, статичні, структурні, імовірнісні.

Параметричні використовують для прогнозування числа дефектів.

Статичні визначають показники надійності на основі статичного аналізу.

Структурні методи основані на моделюванні структури та вхідних даних.

Імовірнісні або моделі росту надійності використовують статичні дані про виявлені дефекти для розрахунку основних показників надійності.

Системи позиціонування та навігації це системи реального часу що інтегрують рішення як на апаратному рівні так і на рівні програмного забезпечення. Методи оцінювання надійності для програмного і апаратного забезпечення істотно відрізняються, що призводить до неоднозначних висновків.

Тому було поставлене завдання розробити інформаційну технологію, що дозволить підвищити точність оцінювання показників надійності систем навігації всередині приміщення.

Модель. На першому етапі необхідно сформулювати множину вхідних даних системи, зокрема показники маячків та датчиків, відеопотоку, визначити карти та перелік голосових повідомлень.

Відповідно до технологій, що використовуються, формується перелік метрик визначення показників надійності систем навігації.

Наприклад, для апаратного забезпечення розраховують надійність пристрою з n елементів за формулою:

$$P_{ap} = \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (1)$$

де n (і) – це кількість елементів;

i – номер елемента;

p – надійність елемента.

Для програмного забезпечення розраховують імовірність безвідмовної роботи :

$$P(t) = 1 - Q(t) \quad (2)$$

де $Q(t)$ - імовірність виникнення відмови за час t .

Інтегрована модель системи навігації всередині приміщення виглядатиме так:

$$S = \langle X, B, R, Z, K, R_{sys}(t) \rangle \quad (3)$$

де X - вхідні дані (x_1 - дані з датчиків x_2 - показники акселерометра, x_3 - свідчення гіроскопа, x_4 дані з маячків);

V - картографічне представлення (карта представлена у вигляді матриці $[M, N]$, де M - кількість точок по осі X , N - кількість точок по осі Y);

R - інформація про прийняті рішення ($r_1, r_2 \dots r_n$);

Z - пристрої виведення (z_1 - камера, z_2 - аудіозапис, z_3 -телефон);

K - режим роботи (k_1 - автономний, k_2 керований);

$R_{sys}(t)$ – параметр надійності.

Для даного класу систем функція надійності буде:

$$R_{sys}(t) = \prod \forall FailOpp R_i(t) \quad (4)$$

де $R_i(t)$ – імовірність, що не буде відмови для i -ї підсистеми за час t .

Інформаційна система формує дані для оцінювання метрик надійності на основі даних отриманих інтегрованим методом визначення поточного розташування та нейро-нечіткий метод верифікації.

На основі отриманих методів розроблена модель, яка може вирішити такі завдання:

- прогнозування можливих збоїв;
- можливість використання часткової автоматизації прийняття рішень для усунення збоїв.

Досягнутий результат підвищує точність від 0.007% до 0.047%, шляхом використання апарату нейронних мереж та нечіткої логіки, що дозволяє його враховувати при побудові інтегрованої моделі системи.

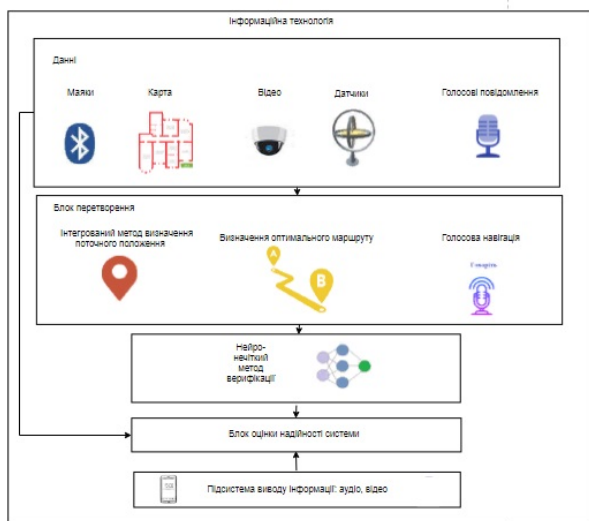


Рис. Інформаційна технологія

Таким чином на основі розроблених методів та моделей була розроблена інформаційна технологія оцінювання надійності систем позиціонування та навігації всередині приміщення.

Висновки. Основний науковий результат полягає у вирішенні науково практичного завдання підвищення надійності систем позиціонування та навігації всередині приміщення. Також використання інформаційної технології дозволяє адаптувати систему SMART-CAMPUS для слабозорих.

Наукова новизна. В ході дослідження отримані такі результати:

Вперше запропоновано інтегровану модель системи навігації всередині приміщення, що дозволяє динамічно оцінювати поточний стан системи.

Практична цінність роботи. На основі розроблених методів та моделей була отримана інформаційна технологія оцінки надійності систем навігації всередині приміщення, що враховує метрики як програмного так і апаратного забезпечення.

Робота виконана на кафедрі Програмних засобів Запорізького національного технічного університету (ЗНТУ) в рамках теми № 0117U000615 «Інформаційна система діагностування розподілених мінікомп'ютерних систем в багатокомпонентному зовнішньому середовищі». Також робота виконана в рамках договору про науково-технічне співробітництво № 417/156/1.4917 від 4.05.2017 між ЗНТУ та товариством з обмеженою відповідальністю «Інфоком ЛТД».

Л і т е р а т у р а

1. Tabunshchik, G. Smart-campus infrastructure development based on BLE 4.0 / G. Tabunshchik, D. Van Merode, Y. Goncharov, K. Patrakhalo – Published in the Journal Electrotechnic and Computer Systems No. 18 (94), 2015
2. Петрова О.А. Метод определения текущего расположения в системах позиционирования и навигации внутри помещения / О.А. Петрова, Г.В. Табунщик, Дирк Ван Мероде // Электротехнічні та комп'ютерні системи. – 2017. – № 25. – С. 270-278. DOI: <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.25.101.2017.31>
3. Петрова, О.А. Метод нейро-нечеткой верификации систем позиционирования и навигации внутри помещения / О.А. Петрова, Г.В. Табунщик, Т.И. Каплиенко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка” (ІКОТ-2017). – Покровськ: ДВНЗ “ДонНТУ”. – 2017. . –№2 (25). – С. 84-89.
4. Petrova O. Fuzzy verification method for indoor-navigation systems / O. Petrova, G. Tabunshchik, T. Kapliienko, O. Kapliienko // Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET): 14th International Conference, Ukraine, 20-24 February 2018, Lviv-Slavske: IEEE, 2018. – P. 65-68, DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336157
5. Харченко В. С. Метод оценивания надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / О. Н. Одарушенко, А. А. Руденко, В. С. Харченко // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. - 2012. - № 7. - С. 294–300.

6. Маевский Д.А. Верификация моделей надежности программного обеспечения / Д. А. Маевский, Е. Ю. Маевская, О. П. Жеков // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. - 2014. - № 5. - С. 55-59.
7. Watters R. Teaching Map and Compass: Navigating from the Classroom to the Outdoors / R. Watters .- [Електронний ресурс]. – 2016 – <http://www2.isu.edu/outdoor/mapshort.htm>
8. Andrew G. Dempster Vector Distance Measure Comparison in Indoor Location Fingerprinting/ Andrew G. Dempster, V.Moghtadaiee International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium 2015.- P. 342-344
9. Гапанюк Ю.Е. Методы оценки положения объекта в пространстве \ Жуков Р.В, Гапанюк Ю.Е. Молодежный научно-технический вестник ФС77-51038. - 2015. - 49 с.
10. Благодатских В.А. Стандартизация разработки программных средств / Благодатских В.А., Волонин В.А., Посакалов К.Ф. : уч. Пособие под ред. О.С. Разумова\ \ Финансы и статистика. – М. – 2003, 284 с.
11. Полонников Р.И. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения / Полонников Р.И. Никандров А.В.// СПб: политехника.- 1992. –99 с.
12. Haag S., Raja H.K. Sekade L.L. Quality Function Deployment. Usage in Software Development // Comm. Of ACM, - 1998, - 39 p.
13. Satellite Navigation & Positioning Laboratory – [Електронний ресурс]. – 2017 – <http://www.snap.unsw.edu.au/staff/binghao-li>
14. Gavrilo A. V. A model of spike neuron oriented to hardware implementation / A. V. Gavrilo, V. M. Kangler, M. N. Katomin, K. Panchenko // 11 International forum on strategic technology (IFOST 2016) : proc., Novosibirsk, 1–3 June 2016. – Novosibirsk : NSTU, 2016. – P. 521-525. - ISBN 978-1-5090-0853-7. - DOI: 10.1109/IFOST.2016.7884170.
15. Rizos, C Indoor positioning techniques based on wireless LAN \ C Rizos, AG Dempster, B Li, J Salter – 2007.- 369 p.
16. Mautz, R. Indoor Positioning Technologies, SVH, ISBN 978-3-8381-3537-3, no. 3754.- 2012.- P.136p.
17. Щекотов, М. С. Сравнительный анализ систем позиционирования смартфонов в помещениях [Текст] / М. С. Щёкотов, А. М. Кашевник – Труды СПИИРАН. – 2012, № 4(23).- 460 с.
18. Теория надежности [Электронный ресурс] - 2015 – режим доступа: <http://fan-5.ru/better/article-198251.php>
19. Харченко В. С. Оценка качества и экспертиза программного обеспечения / Харченко В. С., Андрашов А.А., Лобачева Е.И. // Харьков: ХАИ, - 2008, - 99 с.
20. Petrova, G.V. Tabunshchik, T.I. Kap-lienko // Naukov_ Pratsi Donetsky National Technological University. Seria “Informatics, Cybernetics and Objective Technology” (IKOT-2017). - Pokrovsk: DVNZ “DonNTU”. - 2017.. –№2 (25). - P. 84-89.
21. Petrova O. Fuzzy / O. Petrova, G. Tabunshchik, T. Kapliienko, O. Kapliienko // Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET): 14th International Conference, Ukraine, 20-24 February 2018, Lviv-Slavske: IEEE, 2018. - P. 65-68, DOI: 10.1109 / TCSET.2018.8336157
22. Kharchenko V.S. Method of estimating the reliability of software tools taking into account secondary defects / O.N. Odarushchenko, A.A. Rudenko, V.S. Kharchenko // Radio-electronic and computer systems. - 2012. - № 7. - P. 294–300.
23. Mayevsky D.A. Verification of software reliability models / D. A. Maevsky, E. Yu. Maevskaya, O. P. Zhekov // Radio Electronics and Computer Systems. - 2014. - № 5. - P. 55-59.
24. Watters R. Teaching Map and Compass: Navigating from the Classroom to the Outdoors / R. Watters .- [Electronic resource]. - 2016 - <http://www2.isu.edu/outdoor/mapshort.htm>
25. Andrew G. Dempster Distances Measurement Comparison in Indoor Location & Fingerprints / Andrew G. Dempster, V.Moghtadaiee International Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium 2015.- P. 342-344
26. Gapanjuk Yu.E. Methods for assessing the position of an object in space. R.V. Zhukov, Yu.E. Gapanjuk Youth Scientific and Technical Gazette FS77-51038.-2015.-49 p.
27. Blagodatskikh V.A. Standardization of software development / Blagodatskikh VA, Volonin VA, Poskakov KF : uch. Handbook ed. O.S. Razumova \ \ Finance and Statistics. - M. - 2003, 284 p.
28. Polonnikov R.I. Methods for assessing the performance of software / Polonnikov R.I. Nikandrov A.V. // SPb: Polytechnic .- 1992. –99 p.
29. Haag S., Raja H.K. Sekade L.L. Quality Function Deployment. Usage in Software Development // Comm. Of ACM, - 1998, - 39 p.
30. Satellite Navigation & Positioning Laboratory - [Electronic resource]. - 2017 - <http://www.snap.unsw.edu.au/staff/binghao-li>
31. Gavrilo, AV model of spike neuron oriented to hardware implementation / AV Gavrilo, VM Kangler, MN Katomin, K. Panchenko // 11 International forum on strategic technology (IFOST 2016): proc., Novosibirsk, 1–3 June 2016. - Novosibirsk: NSTU, 2016. - p. 521-525. - ISBN 978-1-5090-0853-7. - DOI: 10.1109 / IFOST.2016.7884170.
32. Rizos, C Indoor positioning techniques based on wireless LAN \ C Rizos, AG Dempster, B Li, J Salter - 2007.- 369 p.
33. Mautz, R. Indoor Positioning Technologies, SVH, ISBN 978-3-8381-3537-3, no. 3754.- 2012.- 136p.
34. Schekotov, M.S. Comparative analysis of systems for the positioning of smartphones in rooms / M.S. Schekotov, A.M. Kashevnik - SPIIRAN Proceedings. - 2012, no. 4 (23) .- 460 p.
35. Theory of reliability [Electronic resource] - 2015 - access mode: <http://fan-5.ru/better/article-198251.php>
36. Kharchenko V.S. Quality assessment and examination of software / Kharchenko V.S., Andrashov A.A., Lobacheva E.I. // Kharkov: KhAI, - 2008, - 99 p.Mautz, R. (2012), Indoor Positioning Technologies, SVH, ISBN 978-3-8381-3537-3, no. 3754.- 136 p.

References

1. Tabunshchik, G. Smart-campus infrastructure development based on BLE 4.0 / G. Tabunshchik, D. Van Merode, Y. Goncharov, K. Patrakhalko - Published in The Journal of Electrotechnic and Computer Systems. 18 (94), 2015
2. Petrova O.A. Method for determining the current location in positioning systems and indoor navigation / O.A. Petrova, G.V. Tabunshchik, Dirk Van Merodet // Electrotechnical and Computer Systems. - 2017. - № 25. - P. 270-278. DOI: <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.25.101.2017.31>
3. Petrova, O.A. The method of neuro-fuzzy verification of positioning and navigation systems inside the premises /

Петрова О.А., Табунщик Г. В. Информационная технология оценки надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения.

В статье проведен анализ разработанных методов для повышения точности определения координат, скорости обработки данных, определения корректного маршрута и верификации систем indoor-навигации. Приведена классификация методов оценки надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения. Авторами предложена информационная технология оценки надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения, учитывающая метрики как программного так и аппаратного обеспечения

Ключевые слова: BLE, RSSI, Beacon, indoor-навигация, вы-значение текущего положения, верификация

Petrova O., Tabunshchik G. The information technology of assessment of the reliability of indoor navigation systems

The article analyzes the developed methods to improve the accuracy of the determination of coordinates, the speed of data processing, the definition of the correct route and the verification of indoor-navigation systems. The classification of methods for assessing the reliability of positioning and navigation systems inside the premises is given. The authors propose an information technology for evaluating the reliability of positioning and navigation systems inside the premises, taking into account the metrics of both software and hardware.

Keywords: BLE, RSSI, Beacon, indoor-navigation, value-setting of the current position, verification

Петрова Ольга Анатоліївна, аспірант кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, E-mail petrovaoa353@gmail.com
Табунщик Галина Володимирівна – к.т.н., доцент, професор кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, E-mail: galina.tabunshchik@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 10.11.2018