

ВНУТРІШНЄ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА ПОШУКОМ НАЙБЛИЖЧОГО ЗНАЧЕННЯ RSS ВИКОРИСТОВУЮЧИ ТЕХНОЛОГІЮ LI-FI

Романов О.І., Мікляєв Г.О.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: a_i_romanov@ukr.net, glibmiklaiv@gmail.com*

INDOOR POSITIONING BY SEARCHING FOR THE NEAREST RSSI USING LI-FI TECHNOLOGY

The work analyzes the problems of positioning objects indoors. It is shown that the use of radio technologies to solve this type of problem results in a large error. Therefore, it is proposed to use technologies based on light waves. A method for solving the problem of positioning objects indoors is proposed. An algorithm is considered that allows solving the problem with fairly high accuracy.

Зараз відбувається четверта індустріальна революція і збільшення кількості інтернет речей (IoT). Є потреба в визначенні їх місцезнаходження для взаємодії між пристроями. Ззовні та на великих місцевостях добре працює GPS, але всередині приміщень його функціонування не є достатньо необхідним. Як варіант рішення пропонується в цій статті використовувати позиціонування Li-Fi [1, 2]. Він може використовуватися для приміщень різних типів та для вирішення різних підзадач у позиціонуванні у логістиці та управлінні запасами на складах (оптимізація маршрутів, пошук товарів), навігації всередині будівель, лікарні (пошук медичного обладнання, керування руху лікарняних ліжок), тощо.

Для позиціонування в приміщеннях використовуються різні технології. Такі технології як Wi-Fi та Bluetooth, ZigBee, RFID є поширеними, і не потребують додаткового обладнання, при використанні вже як для передавання даних, але є досить неточні, також є обмеження на використання в чутливих місцях до радіопроменів, як лікарні, тощо. Такі технології як Ultra Wideband (UWB), чи за допомогою ультразвуку мають більшу точність, але потребують додаткового обладнання, що збільшує їх вартість. Також UWB потребує широкої радіосмути, що часто є недосяжним. Внутрішнє позиціонування на базі технології Li-Fi не використовує радіохвилі, що є перевагою в чутливих до радіовипромінювання місцях. При наявності Li-Fi не потребує додаткового обладнання, та є точнішими за поширені технології у мікрохвильовому діапазоні [3].

В свою чергу, у Li-Fi є деякі обмеження, як сильний вплив завад від Сонця на прийняту потужність, завада від відбитих променів, тощо.

Є різні методи визначення місцезнаходження. Як трилатерація, триангуляція, триангулатерація, на основі потужності від користувача (RSSI, Received signal strength indicator). Для триангуляції потрібно знати кути, а для трилатерації – відстані. Триангулатерації є комбінацією трилатерація та триангуляція, тому потрібно визначати і кути, і відстані. Оскільки найпростіше вирахувати та виміряти потужність, тому використано метод на базі RSSI. Модель такої системи, яка використовується для розрахунку, представлена на рис.1.

Є різні способи підрахунку місцезнаходження користувача залежно від інформації про стан каналу [4, 5]. Перевагою даного методу є не потреба в збереженні інформації і точність попередньо не задається. Недоліком є складність обрахунку. Емпіричний обрахунок потребує попереднього вимірювання потужності в кімнаті, але не потрібен математичний апарат. Цей метод оснований на пошуку найближчих попередньо обрахованих значень (1). Для обрахунку потрібні такі дані, як показник ламберта (m), коефіцієнти підсилення (T для фільтра та $g(\theta)$ для оптичного концентратора), A – площа приймача, φ – кут передавача, θ кут приймача.

$$P_{rec} = P_{tr} \frac{(m+1)A}{2\pi d^2} \cos^m(\varphi) T g(\theta) \cos(\theta) \quad (1)$$

Алгоритм визначення місця знаходження користувача складається з двох частин: передрозрахунок для заданої моделі приміщення без користувачів та кінцевий розрахунок задля конкретної потужності сигналів користувача.

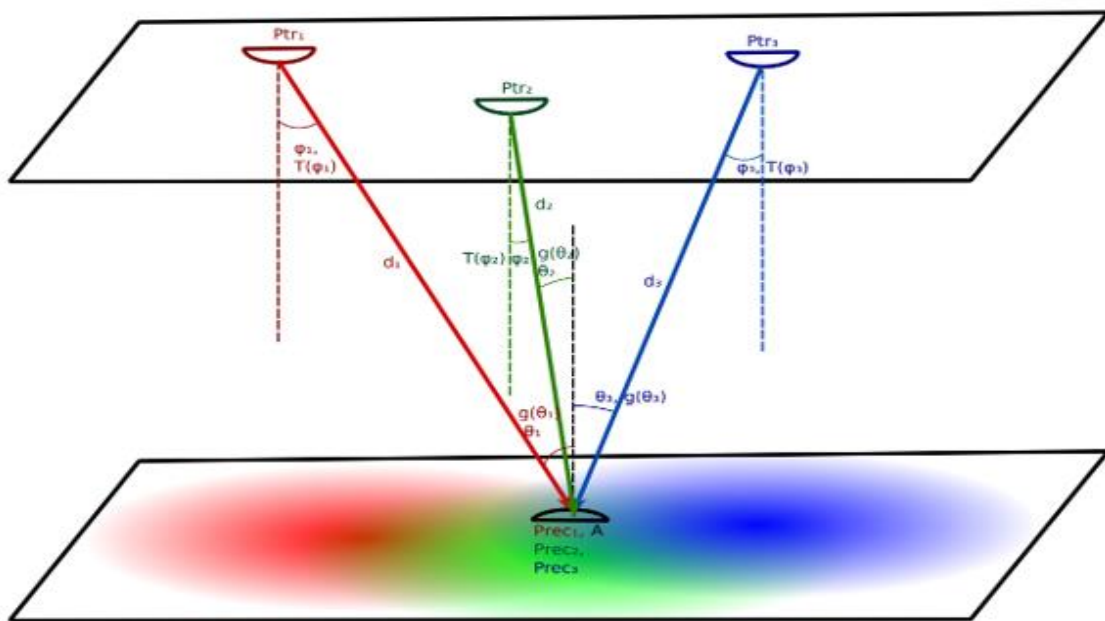


Рис.1

Загальний алгоритм виконання передрозрахунку наступний:

1. Ввід початкових параметрів системи, таких як місцезнаходження ламп, їх потужність, тощо.
2. Кімната фрагментується на квадрати заданої розмірності. Вважаємо, що на краю квадратів потужність рівна потужності її центру.
3. Розрахунок потужності в центрі кожного квадрату для кожної лампи використовуючи (1).
4. Збереження результатів обрахунку. Наприклад в матриці із очікуваними значеннями потужності на підлозі від користувача (M_{row}). Матриця повинна бути трьох мірної: $X \times Y \times L$, де X та Y розташування обраховуваної точки за координатами x та y відповідно, а L номер лампи. Значення цієї матриці рівні потужності у відповідній точці підлоги від відповідної лампи.

Далі переходимо до розрахунку місцезнаходження користувача у динаміці його переміщення. Алгоритм рішення основної частини задачі наступний:

1. Користувач надсилає запит на визначення свого місцезнаходження в кімнаті та потужність прийнятого сигналу від кожної лампи Pres, масив $1 \times n$, де n кількість ламп.

2. Контролер обробляє інформацію надіслану користувачем (Pres) з урахуванням передобрахованих даних (Mrow). Результатом є координати місцеположення користувача. Для цього:

I. Спочатку знаходить абсолютну різницю між матрицею розподілу потужностей по підлозі та потужністю від користувача (Mrow-Pres, віднімання здійснюється відповідно до кожної лампи, але за кожною координатою). В результаті отримуємо трьохмірну матрицю різниць $M_{diff_{3d}}$, яка має ту саму розмірність як і Mrow. Але її значення рівні абсолютній різниці між передобрахованим значенням і значенням отриманим користувачем.

II. Для знаходження координат знаходимо середньоквадратичне відхилення в центрі кожного квадрату підлоги кімнати загалом по всім лампах. Для цього з матриці $M_{diff_{3d}}$ рахуємо середньоквадратичне значення за координатою L, для кожної координати X та Y. В результаті отримуємо матрицю $M_{diff_{2d}}$ з розмірністю $X \times Y$. Значення в кожній клітинці матриці є відхилення потужності користувача від приймача.

III. Чим менше значення відхилення, тим ближче показники вимірів потужності користувача до передобрахованого значення за даною координатою. Квадрат на підлозі, що відповідає клітинці матриці $M_{diff_{2d}}$ з найменшим значенням є найбільш вірогідним розташуванням користувача. Знаходимо цю координату.

3. Результат надсилає назад користувачу або обробляється системою.

Таким чином, запропонована технологія позиціонування об'єктів в середині приміщень. Розглянуто алгоритми, які використовуються у внутрішньому позиціонуванні, їх переваги та обмеження. Розглянуті методи та способи обрахунку для технології Li-Fi, переваги та обмеження. Проведено детальний опис алгоритму на базі RSSI, який складається на основі пошуку найближчого значення за передобрахунком. Проведено загальний опис реалізації алгоритму.

Література

1. Romanov, O., Dong, T.T., Nesterenko, M. The possibilities for deployment eco-friendly indoor wireless networks based on LiFi technology/(2020) Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT, 8 (1), pp. 41-48. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85085966325&partnerID=40&md5=abf8759d141835b8fcd8082fdb4b04dc>
2. Чумаченко К.Д., Романов О.І. Використання LI-FI в медицині // Сімнадцята міжнародна НТК "Перспективи телекомунікацій", Київ, 2023 р., С 119-121.
3. Romanov, O.I., Fediushyna, D.M., Dong, T.T. Model and method of Li-Fi network calculation with multipath light signals/(2018) 2018 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2018. DOI: 10.1109/UkrMiCo43733.2018.9047550
4. Kaiyao Wang, Yongjun Liu, and Zhiyong Hong, "RSS-based visible light positioning based on channel state information," Opt. Express 30, 5683-5699 (2022)
5. Romanov, O.I., Hordashnyk, Y.S., Dong, T.T. Method for calculating the energy loss of a light signal in a telecommunication Li-Fi system/2nd International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2017 - 2017, 8095404, DOI: 10.1109/UkrMiCo.2017.8095404