

## ЛОКАЛЬНА НАВІГАЦІЯ В ЗАДАЧАХ СКЛАДАННЯ МАРШРУТІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Розглянуто навігацію в закритих приміщеннях в рамках технології *Physical Web*. Показана можливість використання маячків для динамічного складання маршрутів всередині закритих приміщень. Запропоновано розв'язання задачі оптимальної маршрутизації за допомогою теорії графів.

**Ключові слова:** *Physical Web*, навігація в приміщеннях, маршрутизація, маячок

### Abstract

*Indoor - navigation in the technology Physical Web are viewed. The possibility of iBeacon for the dynamical routing indoors are presented. The solution of the optimal routing by means the graph theory is suggested.*

**Keywords:** *Physical Web*, Indoor-navigation, routing, iBeacon.

### Вступ

Історію Інтернету можна розділити на декілька етапів. Якщо на першому етапі ми могли лише переглядати окремі сайти для пошуку інформації, то сьогодні настала епоха Інтернету речей (*Internet of things, IoT*) [1]. Інтернет речей – це глобальна мережа пов'язаних між собою комп'ютерів та інших фізичних предметів, за допомогою яких може здійснюватись обмін інформацією без участі людини. Фізичні пристрої – “речі” – оснащені різноманітними сенсорами, датчиками та засобами обробки та передачі інформації. Використовуючи програмне забезпечення та комунікаційну електроніку вони можуть підключатись до Інтернету і передавати через “хмару” потрібну інформацію іншим пристроям. Таку технологію взаємодії речей називають “фізичною всесвітньою павутиною” (*Physical Web*), яка функціонує в складі Інтернету речей за допомогою веб-технологій.

### Локальна навігація в *Physical Web*

Відносно новою сферою практичного використання *Physical Web* є різноманітні задачі пошуку та навігації. Для виконання цієї задачі використовують маячки – спеціальні мініатюрні передавачі, які періодично передають *Bluetooth*-сигнали. Ці сигнали можуть бути прийняті смартфонами на деякій відстані. Далі запити передаються на хмарні сервіси для подальшого аналізу та видачі необхідного результату. А самим маячкам доступ до Інтернету не потрібен [2].

Традиційним застосуванням мініатюрних маячків є *Indoor*-навігація, тобто навігація в закритих приміщеннях великого обсягу: в торгових залах, складах, пошті тощо. В найпростішому варіанті необхідно визначити відстань до заданого об'єкта. Смартфон отримує значення *RSSI* (індикатор потужності прийнятого сигналу) і порівнює його з еталоном (рівнем сигналу, який був виміряний на відстані 1 метра від передавача). Така інформація поступає від кількох маячків, які знаходяться на різній відстані. Далі методами триангуляції або трилатерації по трьом базовим точкам будуються трикутники в тривимірному просторі для обчислення точних координат спостерігача.

Існують три основних стандарти маячків, які мають різні протоколи обміну даними. Найпростішими маячками є *iBeacon* (від *Apple*) та *AltBeacon* (від *Radius Network*), які надсилають лише свої ідентифікатори та значення *RSSI*. Маячок *Eddystone* (від *Google*) додатково надсилає ще веб-адресу, де можна отримати додаткову інформацію.

Для захисту від спотворення даних, що передаються від маячків *iBeacon* та *AltBeacon*, в них використовується захист на основі кодів *CRC* [3,4]. Маячок *Eddystone-EID* з метою захисту змінює свій 8-байтний *AES*-зашифрований ідентифікатор псевдовипадковим чином зі змінним періодом в діапазоні від 1 секунди до 9 годин.

## Задача складання маршрутів в Physical Web

Використовуючи можливості маячків для локального позиціонування можна також розв'язати задачу складання маршрутів всередині закритих приміщень.

Складання оптимальних маршрутів належить до найбільш відомих задач людства [4]. Така постановка задачі може стосуватись не тільки великих відстаней, але і відносно малих, якщо оптимізація маршрутів може дати суттєвий вигравш в часі або за іншими критеріями. Наприклад, у великому складі з  $n$  товарами необхідно вибрати  $m$  ( $m < n$ ) товарів, шукаючи їх не випадковим способом, а за допомогою спеціального алгоритму.

Таку задачу можна розв'язати за два етапи. На першому етапі, знаючи перелік необхідних товарів та їх розташування, можна побудувати початковий шлях, який охопить місцезнаходження всіх  $m$  товарів. Другий етап буде полягати в уточненні та в модифікації початкового шляху. Необхідність другого етапу обумовлюється різними причинами: зміною кількості товарів, тимчасовим закриттям частини шляху, зміни початку руху тощо. Якщо перший етап можна зробити наперед, то другий етап буде здійснюватись в режимі on-line. Фактично пошукова система буде за допомогою маячків відслідковувати пройдений співробітником шлях і видавати на його смартфон рекомендацію подальшого руху.

## Математичні моделі задач навігації та складання маршрутів

Розглянемо задачі навігації та складання маршрутів з позицій теорії графів [5]. Найголовнішою задачею в теорії графів є відвідання кожної вершини і кожного ребра графа. В найпростішому варіанті вага кожного ребра графа має одне з двох можливих значень, тоді задача зводиться до пошуку гамільтонового циклу в графі. Якщо ребрам будуть приписані ваги, тоді математичною моделлю буде відома задача комівояжера.

Задачі про гамільтонові цикли є NP-повними, тому для її розв'язання можна застосовувати різні евристичні підходи [6]. Особливістю нашої задачі є формування та коректування маршруту в динамічному режимі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hussain F., "Internet of Things. Building Blocks and Business Models". – Springer, 2017. – 73 p.
2. Dickinson P., Cielniak G., Szymanczyk O. and Mannion M., "Indoor Positioning of Shoppers Using a Network of Bluetooth Low Energy," Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2016 International Conference on, Alcalá de Henares, Spain, Oct. 4-7.
3. Семеренко В. П. Теорія циклічних кодів на основі автоматних моделей : монографія / В. П. Семеренко. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 444 с.
4. Семеренко В. П. Теория и практика CRC кодов: новые результаты на основе автоматных моделей / В. П. Семеренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 4, № 9 (76). – С. 38–48.
5. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. – 432 с.
6. Скиена С. Алгоритмы. Руководство по разработке. – 2-е изд. – СПб., БХВ-Петербург, 2014. – 720 с.

**Василь Петрович Семеренко** – канд. техн. наук, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vasilsemerenko@gmail.com

**Віталій Олександрович Козьмін** – студент факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця e-mail: dkm01010@gmail.com

**Vasyl P. Semerenko** – PhD, Associate Professor, Department of computer technique, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vasilsemerenko@gmail.com

**Vitalii O. Kozmin** – student, Department of computer technique, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: dkm01010@gmail.com