

ВІДСТЕЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ДРОНА ЗА ВІДЕОДАНИМИ ТА ДАТЧИКАМИ ГЛИБИНИ

Новосад Б.П. – гр. БНТ-22, бакалавр, novosadbohdan@gmail.com

Лагода О.А. – к.ф-м.н., доцент, lagoda.aa@kmutd.edu.ua

Київський національний університет технологій та дизайну

Метою роботи є встановлення формул, що дозволяють визначати положення дрона за даними з відеокамер та датчиків глибини під час автономного польоту.

Зараз дуже актуальною є проблематика навігації дронів, зокрема в режимі автономного польоту. Ці питання вивчалися у численних роботах. Відзначимо роботи [1,2] та цитовану там літературу.

Розглянемо задачу визначення свого положення у просторі дроном. Ця задача є дуже важливою, бо її результати можуть бути використані при навігації дронів, що можуть виконувати як розвідувальні, так і бойові функції. Важливою є орієнтація на місцевості, що може здійснюватися по значних маркерах (будівлях, інших чітко видимих нерухомих об'єктах з відомим положенням). Визначення положення необхідне для коригування курсу за відсутності зв'язку з оператором (дрон є повністю автономним або увійшов у область глушення зв'язку). Вважатимемо, що дрон орієнтується в просторі за допомогою відеокамери, на зображенні з якої він розпізнає маркери, що розташовані у відомих точках $(x_1, y_1, z_1), \dots, (x_n, y_n, z_n)$.

Для визначення положення дрон з певною частотою запускає вбудований алгоритм співставлення зображення з камери з базою фотографій маркерів і за допомогою глибиноміру виявляє своє відносне положення відносно кожного з них як вектор $(dx_i, dy_i, dz_i) (1 \leq i \leq n)$ (можуть спостерігатися не всі відомі об'єкти одночасно, тому при кожній процедурі орієнтації цей набір може містити різну кількість векторів). Оскільки модуль співставлення фото користується зображенням з камери, що має певну точність (у пікселях), а також присутні помилки у вимірюваннях глибиноміра, то виміряні відносні положення містять певні помилки.

Визначимо найбільш ймовірне положення дрона. Якби спостереження щодо i -го маркера були точні, то дрон знаходився б у точці $(x_i - dx_i, y_i - dy_i, z_i - dz_i)$. Нехай насправді він знаходиться у точці (x, y, z) . Відомо, що мінімізація суми квадратів помилок приводить до таких результатів:

Розв'язуючи ці рівняння, отримаємо

Платформа: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ. ТЕХНОЛОГІЇ INTERNET OF THINGS ТА SMART-СИСТЕМИ

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - dx_i); \quad y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - dy_i); \quad z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - dz_i).$$

Реалізуємо цей розв'язок, користуючись сучасними технологіями, у вигляді програми на мові Python.

```
# input markers in form:  x1 y1 z1 x2 y2 z2 ... xn yn zn
markers = [float(x) for x in input().split()]

#input calculated relative coordinates of visible markers in form:
# i dxi dyi dzi j dxj dyj dzj ...
# i, j, ... are indices of observed markers
observed = [float(x) for x in input().split()]

N = len(markers)
n = len(observed) // 4

x = 0
y = 0
z = 0
for k in range(n):
    i = int(observed[4 * k]) - 1
    dx = observed[4 * k + 1]
    dy = observed[4 * k + 2]
    dz = observed[4 * k + 3]
    x += markers[3 * i] - dx
    y += markers[3 * i + 1] - dy
    z += markers[3 * i + 2] - dz

x /= n
y /= n
z /= n

print("Coordinates are ",x,y,z)
```

Приклад. Маркери розташовані у точках (одиниця вимірювання - кілометри) (2.715, 4.453, 0.021), (4.362, 3.472, 0.045), (3.791, 1.817, 0.013), (6.345, 2.171, 0.032), а дрон виміряв відносне положення, перебуваючи у точці (3.275, 4.187, 0.026). Вдалося локалізувати маркери 2,3,4, для них отримано відносні зміщення (1.0857, -0.7137, 0.018), (0.5172, -2.3721, -0.0117), (3.069, -2.017, 0.008).

Скористаємося програмою. Отримаємо положення (3.275367, 4.1876, 0.025233). Як бачимо, помилка не перевищує метра, що забезпечує ефективне використання системи коригування.

Висновок. В результаті проведеного аналізу встановлено формули, що дозволяють визначення положення дрона, користуючись відеоданими та даними глибиноміру.

Платформа: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ. ТЕХНОЛОГІЇ INTERNET OF THINGS ТА SMART-СИСТЕМИ

Л і т е р а т у р а

1. de Oliveira, F.D.B.; da Silva, M.R.; Araújo, A.F.R. Spatio-temporal Data Association for Object-augmented Mapping. *J. Intell. Robot. Syst.* 2021, *103*, 1.
2. Gupta, A.; Fernando, X. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) and Data Fusion in Unmanned Aerial Vehicles: Recent Advances and Challenges. *Drones* 2022, *6*, 85. <https://doi.org/10.3390/drones6040085>