

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

Модель управління рухом «S-bots» - systems за допомогою
супроводжуючого Drone

Кваліфікаційна робота
Другий (магістерський) рівень

Автор:

Негрей А.Ю.
студ. гр. КСМзм-21-1

Керівник:

Токарев В.В.
доц. каф. ЕОМ

2022

МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

МЕТОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ є дослідження моделі управління рухом «S-bots» - systems за допомогою супроводжуючого Drone.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ:

- ❖ провести огляд існуючих структур систем управління «s-bots»;
- ❖ провести огляд існуючих систем взаємодії між «s-bots» та Drone.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

На сьогоднішній день існують наступні варіанти взаємодії Drone та мобільних «s-bots»:

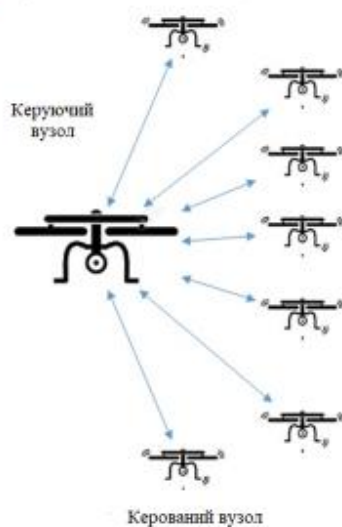
- управління рухом мобільних «s-bots» з використанням інформації, що отримується або від Drone, або від мобільного «s-bot»;
- планування руху мобільних «s-bots», що виконується заздалегідь і в процесі руху не враховує динамічну зміну середовища;
- топологія мобільних «s-bots» при русі не змінюється, «s-bots» є рівноправними і мають однакові характеристики.

Однак, на практиці мобільні «s-bots» повинні рухатися без апріорних знань про довкілля і виконувати побудову карт місцевості при зміні зовнішнього неорганізованого середовища, наприклад, в результаті катастрофи або корекції поставленого завдання.

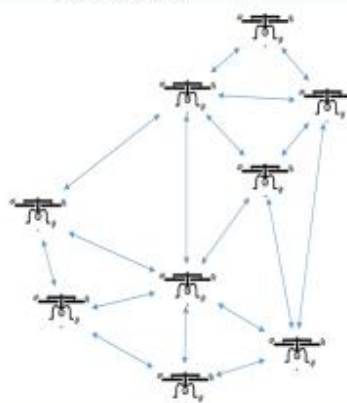
Тому розробка систем управління «s-bots» - systems, що включає Drone, є актуальним науково-технічним завданням.

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ «S-BOTS» - SYSTEMS

централізоване управління



колективне



децентралізоване управління може бути двох типів:

колективне і зграйне

зграйне



ОГЛЯД СИСТЕМ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ «S-BOTS» ТА DRONE

5

В останній час набула поширення модульна система управління «s-bots» та Drone

Приклад конфігурації модульної системи



ОГЛЯД СИСТЕМ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ «S-BOTS» ТА DRONE

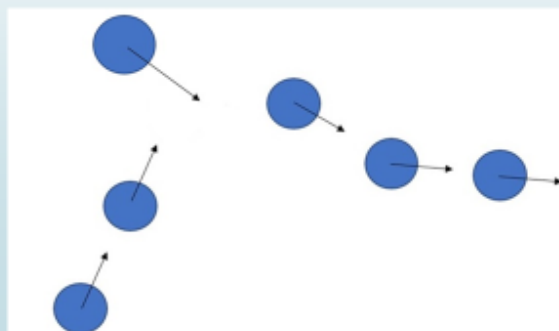
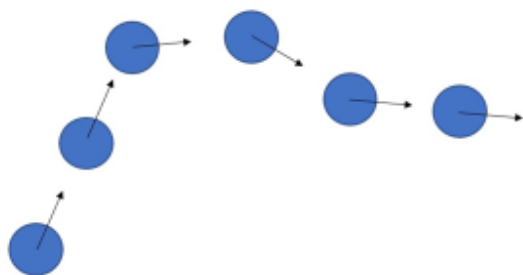
6

В останній час набула поширення модульна система управління «s-bots» та Drone

При вирішенні завдань транспортування вантажів та патрулювання території існує стратегія управління рухом «s-bots» у строю типу «конвой» з використанням ієрархічного управління

Існує стратегія управління рухом "s-bots", коли "s-bot" необхідно увійти до строю

Приклад руху «s-bots» у строю типу «конвой»



ОГЛЯД СИСТЕМ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ «S-BOTS» ТА DRONE

7

В останній час набула поширення модульна система управління «s-bots» та Drone

Аналіз представлених стратегій руху та управління «s-bots» показує, що в різних сферах застосування може бути розроблений власний алгоритм вирішення поставленого завдання. З іншого боку, в області «S-bots» - systems існують загальні проблеми, що потребують вирішення, розподілу та планування завдань, зв'язку між «s-bots», навігації, координації та управління рухом строю. Завдання планування траєкторій руху строєм передбачає розрахунок послідовних точок безперервного руху мобільних «s-bots» з початкового до цільового положення в просторі, з урахуванням запобігання зіткнення з перешкодами. Для навігації та обходу перешкод мобільні «s-bots» оснащуються різними датчиками, що включають системи технічного зору, скануючі лазерні далекоміри, тощо.

Крім цього, існує велика кількість алгоритмів для ефективного планування траєкторій. Загальні алгоритми, наприклад, A*, дозволяють оптимально планувати траєкторії у дискретних середовищах. Проте оптимальність цих траєкторій обмежена знаннями планувальника про перешкоди. Пряма видимість датчиків на мобільному «s-bot» обмежена геометрією навколишнього середовища. Наприклад, всередині приміщень видимість обмежена стінами та іншими перешкодами, але на вулиці пряму видимість обмежують рослинність та будівлі.

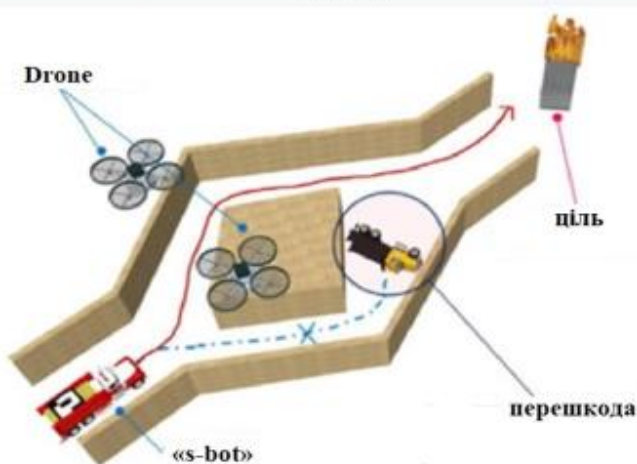
ОГЛЯД СИСТЕМ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ «S-BOTS» ТА DRONE

8

Комп'ютерне моделювання взаємодії «s-bot» та Drone



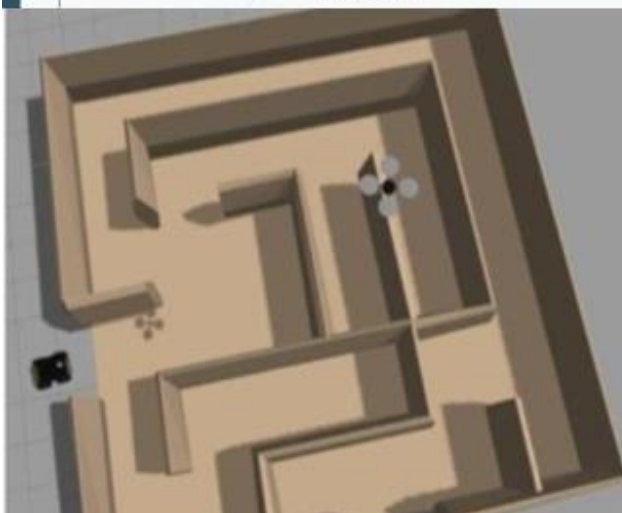
Комп'ютерне моделювання взаємодії «s-bot» та Drone



ОГЛЯД СИСТЕМ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ «S-BOTS» ТА DRONE

9

Комп'ютерне моделювання взаємодії «s-bot»
та Drone



Мобільний «s-bot» за допомогою власних датчиків може визначити локальне місцезнаходження точніше, ніж з використанням камери Drone, хоча, в цьому випадку можливий недолік глобальної локалізації. Через ці обмеження недостатньо одного мобільного «s-bot» або Drone для виконання складних завдань на практиці. Тому виникає необхідність об'єднання дій групи мобільних наземних «s-bot» та Drone.

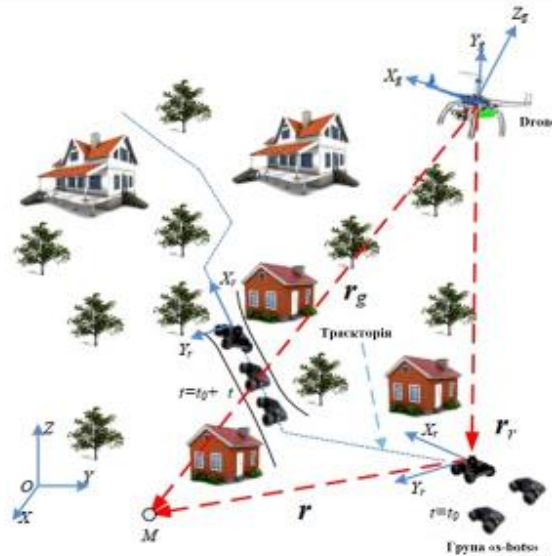
ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

10

Drone летить заданою траєкторією над досліджуваною територією та групою наземних «s-bots». Камера Drone робить знімки, що передаються ведучому «s-bot». Ведучий «s-bot» відповідає за побудову глобальної карти місцевості з використанням зображень від камери Drone та локальної карти з використанням даних від двовимірного скануючого лазерного далекоміра, в той же час виконуючи зіставлення глобальної та локальної карт. Управляючий центр, здійснює глобальне та локальне планування траєкторії руху групи наземних «s-bots» на основі карти місцевості, побудованої за допомогою Drone. Ведені наземні «s-bots», при виявленні перешкод, одержують від управляючого центру команди для перебудови та руху в групі по заданій траєкторії, а також автономно визначають власне положення.

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

Моделювання взаємодії «s-bot» та Drone



Нехай група наземних «s-bots» та Drone рухаються у просторі OXYZ. Система координат далекоміра нерухома щодо системи координат провідного «s-bot» $O_s X_s Y_s Z_s$. На борту Drone знаходиться камера зі своєю системою координат, яка нерухома відносно системи координат Drone $O_g X_g Y_g Z_g$ і переміщуються разом з ним. Drone летить над територією, що вивчається, і мобільними «s-bots» на незмінній висоті ($z = \text{const}$). Ведучий «s-bot» будує карту (глобальну карту) місцевості з використанням даних, отриманих від камери Drone. Інша карта (локальна карта) побудована ведучим «s-bot», який оснащений скануючим лазером.

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

То має місце співвідношення

$$\begin{cases} \mathbf{r}_0 = \mathbf{T}_g \mathbf{r}_g \\ \mathbf{r}_0 = \mathbf{T}_r \mathbf{r}_r \end{cases}$$

де T_g – матриця переходу від зв'язаної з Drone системи координат до абсолютної;

T_r – матриця переходу від зв'язаної з «s-bot» системи координат до абсолютної.

Tod:

$$\mathbf{r}_I = \mathbf{T}_I^{-1} \mathbf{T}_{II} \mathbf{r}_{II}$$

Toni

$r = (p_x, p_y, 1)^T$ - вектор, що визначає положення точки М у системі $O_r X_r Y_r Z_r$, можна отримати, використовуючи виміряні координати кінцевої точки скануючим лазерним далекоміром.

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

13

Тоді можна записати наступні співвідношення для знаходження однорідної матриці T , яка зв'язує вектори глобальної та локальної карт:

$$r_r = T_r = \begin{bmatrix} c\theta & -s\theta & x \\ s\theta & c\theta & y \\ 0 & 0 & m \end{bmatrix}$$

де θ, x, y, m — відповідно, кут повороту, координати перенесення та масштаб між координатами двох карт у системі координат «s-bot». Матриця T містить чотири невідомі параметри. Для їх визначення потрібно мати мінімум чотири рівняння та мінімум чотири пари точок на двох картах.

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

14

У кваліфікаційній роботі для реєстрації зображень використовується алгоритм на основі області перетворення.

Зображення $K_1(x, y)$ яке перетворюється з декартової системи координат на логарифмічну систему координат:

$$K_1 = \begin{cases} p_1 = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \alpha_1 = \arctan \frac{y}{x} \end{cases}$$

тоді полярне представлення K_2 буде дорівнювати:

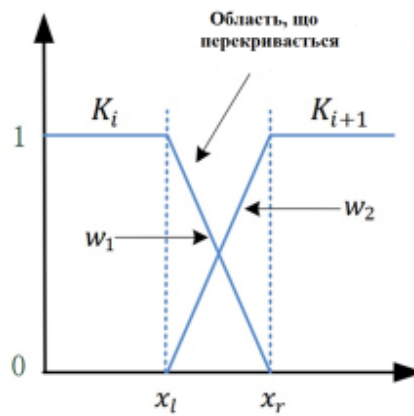
$$K_2 = \begin{cases} p_2 = \frac{1}{m} \sqrt{x^2 + y^2} = \frac{p_1}{m} \\ \alpha_2 = \arctan \frac{y}{x} = \alpha_1 \end{cases}$$

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

15

Після реєстрації зображень потрібне зшивання цих зображень для формування глобальної карти.

Результат зшивання двох зображень



МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

16

За допомогою системи технічного зору Drone, який веде групу «s-bots», отримує зображення місцевості. Для побудови глобальної карти місцевості відбувається зіставлення двох карт місцевості. На цих картах необхідно виділити перешкоди. В даний час для обробки зображень застосовують традиційні алгоритми сегментації зображення, які мають граничну сегментацію, для зіставлення з еталонним зображенням (шаблоном). Знаходження краю зображення здійснюється за допомогою двох методів:

- кластеризації;
- Дугласа-Пекера.

Для виділення контурів об'єкта на зображенні застосовано алгоритм Дугласа-Пекера.

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

17

Класичний алгоритм Дугласа-Пекера складається з наступних кроків:

Крок № 1 – сегмент АВ з'єднаний початковою точкою А з кінцевою точкою В кривою лінією;

Крок № 2 – обчислена вертикальна відстань d від точки на кривій до сегмента АВ, отримана точка С на кривій, яка є найбільшою вертикальною відстанню від сегмента АВ;

Крок № 3 – порівняння відстані d з порогом, якщо відстань d менша за поріг, сегмент апроксимується як кривий;

Крок № 4 – якщо відстань d більша за поріг, відбувається поділ кривої на два сегменти АС і ВС з точки С і обробка двох сегментів АС і ВС по крокам (1), (2), (3);

Крок № 5 – після обробки всіх кривих, відбувається з'єднання всіх точок та формування ламаної лінії 11.

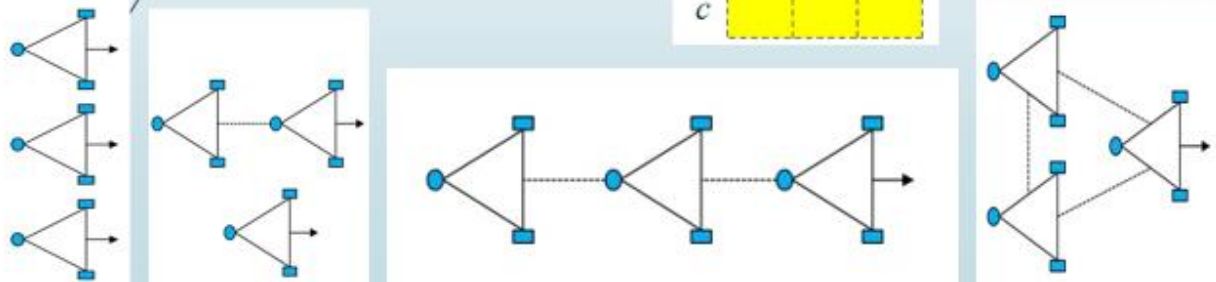
МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

18

У кваліфікаційній роботі для визначення оптимального маршруту руху «s-bots» застосовується алгоритм A^* , оскільки він швидший і ефективніший за інші алгоритми. Представлені топології руху «s-bots», з початкової точки спроектованого маршруту, до кінцевої.

Приклад топології руху «s-bots»

	1	2	3
a			
b	S_{start}	S	F
c			



МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

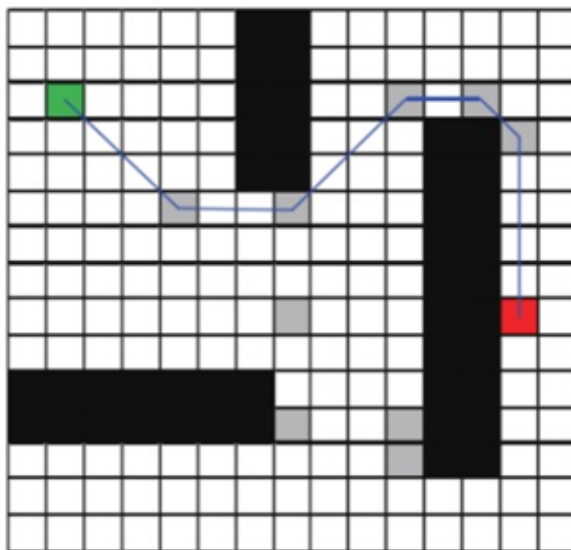
19

Алгоритм A* описується наступними кроками.

- Крок № 1. Введення глобальної карти початкової точки S_{fath} та цільової точки F.
- Крок № 2. Початкова точка S_{fath} зберігається у списку Open-List.
- Крок № 3. Обчислюється вартість кожного вузла n у списку Open-List за допомогою функції: $l(n)=g(n)+h(n)$
- Крок № 4. Якщо вузол n з найменшим значенням є цільовою точкою, то робота алгоритму закінчена, інакше перехід до кроку № 5.
- Крок № 5. Обійти вузли за горизонтальними та вертикальними напрямками.
- Крок № 6. Якщо «s-bot» зустрічається з перешкодами або досягає краю карти, то обійти вузли по діагональному напрямку, потім перехід до кроку № 7.
- Крок № 7. Визначається віддалений вузол за допомогою умов обмеження руху у першому та другому випадках, якщо вузол є віддаленим, то перехід до кроку № 5. В іншому випадку вузол зберігається у списку Open-List, потім перехід до кроку № 3.

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

20



Для перевірки правильності та працездатності алгоритму A* проведено моделювання з використанням на сіткових картах різних розмірів. Як видно з рисунку, час руху з початкової до кінцевої точки становив 0.3 мілісекунди за допомогою алгоритму A*.

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

21



*Незрей Артем Юрійович, магістр, Харківський національний
університет радіоелектроніки, м. Харків*

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РУХОМ «S-BOTS» - SYSTEMS ЗА ДОПОМОГОЮ СУПРОВОДЖУЮЧОГО DRONE

У сучасних наукових роботах запропонований алгоритм, що забезпечує найкраще покриття протягом тривалого періоду часу для гетерогенних сенсорних мереж. Гетерогенність сенсорної мережі передбачає, що не всі сенсорні вузли мають однакову початкову енергію, однаковий радіус дії і т. п. Метрика найкращого покриття безпосередньо пов'язана з визначенням життєвого циклу бездротової сенсорної мережі. Дійсно, сенсорні мережі використовуються, як правило, для моніторингу на цілком певному просторі. І якщо в початковий період досліджень в області сенсорних мереж вважалося, що життєвий цикл бездротової сенсорної мережі триває до загибелі останнього сенсорного вузла при вичерпанні їм енергетичного ресурсу, то принципово правильним є і інший підхід, а саме: життєвий цикл сенсорної мережі закінчується при неможливості подальшого виконання цією мережею своїх функцій, наприклад при зменшенні частки покриття контролюваного простору до $k\%$, протягом тривалого періоду часу. Бездротові сенсорні мережі можуть складатися і із мобільних сенсорних вузлів, що істотно ускладнює проблему вибору головного вузла і стабільності кластера в процесі функціонування мережі (рисунк 1). Принциповий крок уперед у розробці алгоритмів вибору головного вузла був здійснений при створенні алгоритму DCA, першого алгоритму для мобільних сенсорних мереж з прогнозом. Цей алгоритм послужив основою для подальшої в світі розробки цілого ряду алгоритмів з прогнозом для бездротових сенсорних мереж з мобільними вузлами.

ВИСНОВКИ

22

ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ була досліджена модель управління рухом «S-bots» - systems за допомогою супроводжуючого Drone.

В КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ ВИРІШЕНІ ТАКІ ЗАДАЧІ:

- ❖ проведено огляд існуючих структур систем управління «s-bots»;
- ❖ проведено огляд існуючих систем взаємодії між «s-bots» та Drone.