

# SST MISK

## Projekt semestralny

Monitorowanie celu za pomocą autonomicznej chmury dronów  
opracowanie algorytmu kooperacji i symulacja

Jerzy Baranowski  
Artur Czopor  
Ignacy Ruksza  
Krzysztof Zarzycki

May 14, 2018

## 1 Opis projektu

Celem projektu jest stworzenie i symulacja działania algorytmu sterowania rojem dronów tak by w sposób optymalny formowały ustaloną formację nad wyznaczonym celem.

## 2 Użyte oprogramowanie

Symulacja wyżej opisanego zadania została wykonana w programie symulacyjnym V-Rep połączonym dedykowanym API ze środowiskiem Matlab. W celu realizacji zadania został zaimplementowany w języku M skrypt optymalizujący trasę przelotu drona w zależności od pozycji celu i roju. Obiekty latające odwzorowane są w środowisku V-Rep poprzez model symulacyjny "Quadricopter", który posiada możliwość sterowania poprzez wyznaczenia pozycji docelowej. Model ten został dostarczony przez producenta oprogramowania i ingerencja w jego mechanikę nie jest celem projektu. W celu obejścia ograniczeń modelu trajektoria wyliczana jest wyznaczana poprzez generację punktów docelowych dla kolejnych chwil dla każdego z dronów.



Figure 1: Przykładowa scena z symulatora V-Rep.

## 3 Opis algorytmu

Zadaniem, które mają wykonać drony, jest podążanie za poruszającym się człowiekiem w odpowiedniej formacji (kwadrat, wielokąt). Założone zostało, że drony startują z losowych miejsc na planszy i znają położenie zbiega. Muszą one podążać w jego kierunku optymalną ścieżką, otoczyć go w formacji (która na bieżąco tworzona jest w czasie ich lotu) a następnie go śledzić. Przy tym nie powinno dojść do sytuacji, w której dwa drony zderzą się ze sobą lub ze śledzonym człowiekiem. Zadanie to zostało opisane za pomocą nieliniowego problemu optymalizacji.

### 3.1 Problem optymalizacji

W celu wyznaczenia optymalnej pozycji dronów rozwiązywany jest nieliniowy problem optymalizacji wielu zmiennych z liniowymi i nieliniowymi oraz z równościowymi i nierównościowymi

ograniczeniami. Formalny zapis problemu:

$$\min_x f(x) = \begin{cases} c(x) \leq 0 \\ ceq(x) = 0 \\ A \cdot x \leq b \\ Aeq \cdot x = beq \\ lb \leq x \leq ub \end{cases} \quad (1)$$

Uwzględnione zostały tylko więzy opisane funkcją  $c(x)$ . Dane problemu:

- $X$  - zmienna celu
- $D$  - zadana odległość od celu
- $d$  - zadana macierz odległości do sąsiada
- $A$  - minimalna odległość do celu
- $a$  - minimalna odległość do sąsiada
- $L$  - liczba dronów

### 3.2 Funkcja celu

Pierwsza część równania opisuje zadanie zachowanie odpowiedniej odległości od celu. Druga natomiast opisuje geometrię żądanej formacji dronów, poprzez zdefiniowanie zalecanych odległości pomiędzy parami dronów.

$$f_{target}(x) = \underbrace{\sum_{i=0}^L \{D_i^2 - [(X_x - x_{xi})^2 + (X_y - x_{yi})^2]\}^2}_{\text{Odległość od celu}} + \underbrace{\sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L w_i \{d_{ij}^2 - (X_y - x_{yi})^2\}^2}_{\text{Odległości pomiędzy dronami}} \quad (2)$$

Opis zmiennych:

- $X$  - zmienna celu
- $x$  - zmienne pozycji
- $D$  - zadana odległość od celu
- $d$  - zadana macierz odległości do sąsiada
- $L$  - liczba dronów
- $w_i$  - wagi

Powyższa funkcja jest wczytywana do procedury optymalizacyjnej rozwiązującej zadanie optymalizacji kwadratowej.

### 3.3 Funkcja więzów

Funkcja  $c(x)$  definiuje więzy narzucone na układ.

$$f_{constraints}(x)_k = c(x) = \begin{cases} A^2 - [(X_x + x_x)^2 + (X_y + x_y)^2] & k \in 0, \dots, L-1 \\ a^2 - [(x_{xj} + x_{xi})^2 + (x_{yj} + x_{yi})^2] & k \in L, \dots, \binom{L}{2} \end{cases}$$

Pierwsza część równania opisuje warunek na zachowanie minimalnej odległości od celu. Druga natomiast opisuje minimalne dopuszczalne odległości pomiędzy parami dronów. Dla  $L$  statków powietrznych definiujemy  $\binom{L}{2}$  warunków. Opis zmiennych:

- $X$  - zmienna celu
- $x$  - zmienne pozycji
- $A$  - minimalna odległość do celu
- $a$  - minimalna odległość do sąsiada
- $x_0$  - pozycja początkowa
- $dx$  - maksymalne przesunięcie
- $L$  - liczba dronów

Powyższa funkcja jest wczytywana do procedury optymalizacyjnej rozwiązującej zadanie optymalizacji kwadratowej.

## 4 Implementacja

Pętla główna programu obliczającego trajektorie dronów zaprezentowana jest na poniższym diagramie akcji.

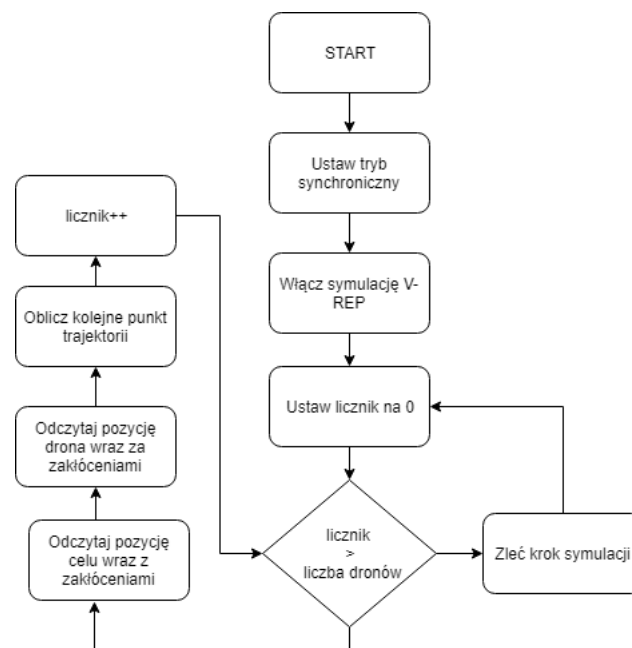


Figure 2: Uproszczony diagram akcji.

Zadanie optymalizacji jest rozwiązywane przez funkcję `fmincon(..)`.

## **5 Wynik działania**

## **6 Wnioski**