

# Mechanizm multilateracji w rozproszonej sieci sensorów audio

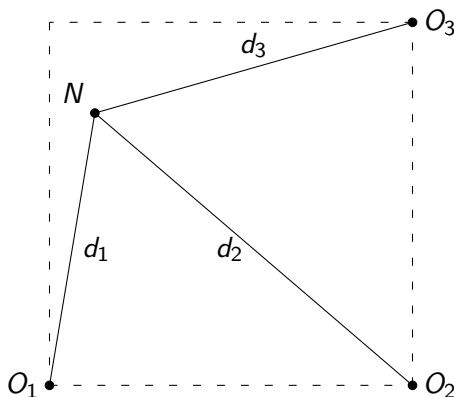
**Gabriel Budziński**

Praca napisana pod kierunkiem **dra inż. Przemysława  
Błaśkiewicza**

20 czerwca 2024

## Multiateracja

Weźmy punkt  $(x, y) \in \mathbb{R}^2$  i oznaczmy go  $N$ , ponadto weźmy zbiór  $n$  punktów  $\{(x_i, y_i) : i \in [n]\} \subset \mathbb{R}^2$ , który oznaczmy  $\mathcal{O}$ , a punkty należące do zbioru odpowiednio  $O_i$ . Niech  $d_i$  będzie odległością  $d(N, O_i)$ . Znając współrzędne punktów  $O_i$  oraz odległości  $d_i$  chcemy znaleźć  $(x, y)$ .



## Postać wyjściowa

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = d_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = d_2^2 \\ \vdots \\ (x - x_n)^2 + (y - y_n)^2 = d_n^2 \end{cases}$$

## Obrane przekształcenie

$$\begin{bmatrix} 1 & -2x_1 & -2y_1 & -2z_1 \\ 1 & -2x_2 & -2y_2 & -2z_2 \\ & & \vdots & \\ 1 & -2x_n & -2y_n & -2z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x^2 + y^2 + z^2 \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1^2 - x_1^2 - y_1^2 - z_1^2 \\ d_2^2 - x_2^2 - y_2^2 - z_2^2 \\ \vdots \\ d_n^2 - x_n^2 - y_n^2 - z_n^2 \end{bmatrix}$$

$$A \cdot x = b$$

## Rozwiązanie

Obrano rozwiązanie aproksymacyjne w sensie najmniejszych kwadratów:

$$\sum_{i=1}^n \left| \sum_{j=1}^m A_{ij} x_j - b_i \right|^2 = \|A\hat{x} - b\|^2,$$

które otrzymujemy poprzez rozwiązanie normalnego

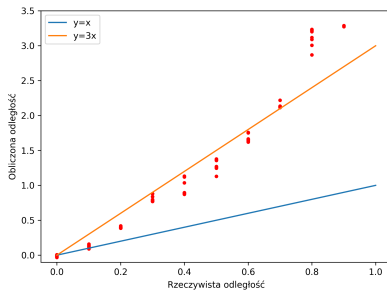
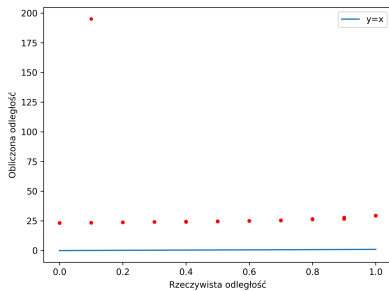
$$A^T A \hat{x} = A^T b$$

## Istnienie rozwiązania

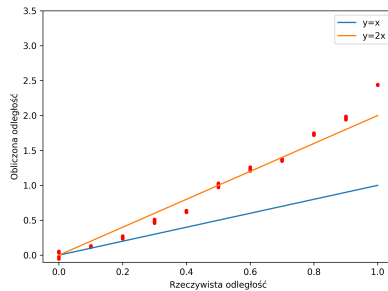
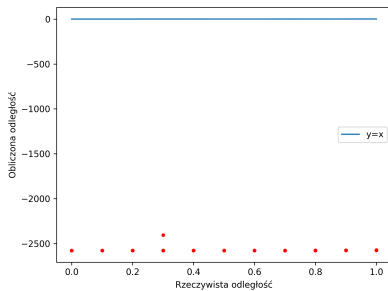
Zakładając, że żadna trójka odbiorników nie jest współliniowa ( $\text{rank } A = m$ ), co daje odwracalność  $A$  i istnienie  $\hat{x}$ .

## Metody synchronizacji

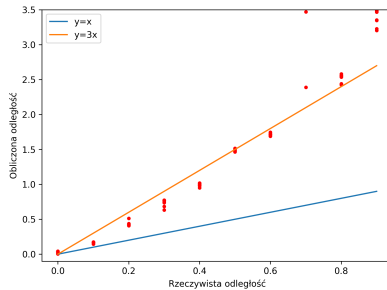
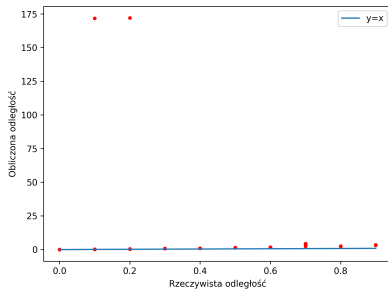
- Synchronizacja programowa
  - Synchronizacja NTP
  - Synchronizacja pomiaru przesunięć
- Synchronizacja sprzętowa
  - Synchronizacja mikrofonowa



Rysunek: synchronizacja NTP

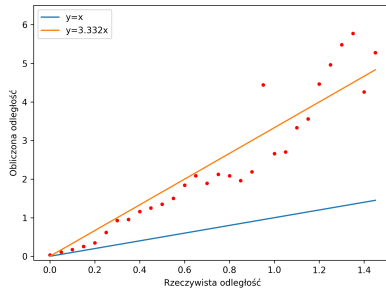
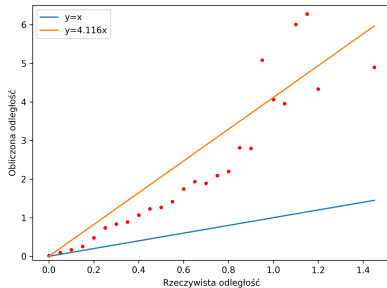
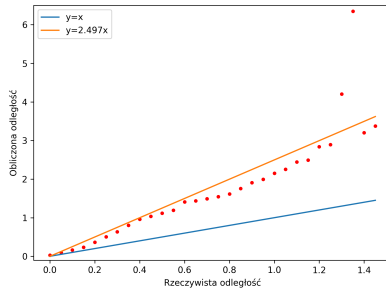
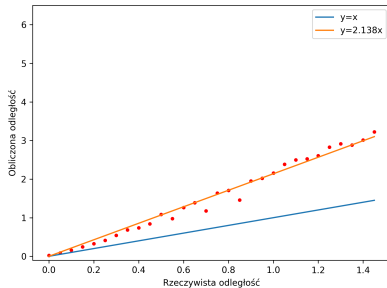


Rysunek: synchronizacja pomiaru przesunięć



Rysunek: synchronizacja mikrofonowa





## Eksperymenty

Dziękuję za uwagę.