



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Mechatroniki

Praca magisterska

Jakub Mikołaj Szlendak

System lokalizacji robota mobilnego w  
pomieszczeniu zamkniętym na podstawie  
siły sygnału radiowego

Opiekun pracy:  
prof. dr hab. Barbara Siemiątkowska

Konsultant pracy:  
mgr inż. Daniel Koguciuk

Warszawa, 2017

# Spis treści

<b>Spis treści</b>	<b>2</b>
<b>Spis rysunków</b>	<b>4</b>
<b>1 Wstęp</b>	<b>5</b>
<b>2 Propagacja sygnału radiowego w pomieszczeniu zamkniętym</b>	<b>6</b>
<b>3 Metody lokalizacji bezprzewodowej w pomieszczeniu</b>	<b>7</b>
3.1 Technologie radiowe . . . . .	7
3.1.1 Wi-Fi . . . . .	7
3.1.2 Bluetooth . . . . .	7
3.2 Algorytmy . . . . .	7
3.2.1 Trilateracja . . . . .	7
3.2.2 Fingerprinting . . . . .	7
<b>4 Projekt algorytmu lokalizacji robota</b>	<b>8</b>
4.1 Gromadzenie danych ze znaczników . . . . .	8
4.2 Filtracja i konwersja danych RSSI na odległość . . . . .	8
4.3 Trilateracja . . . . .	8
<b>5 Projekt algorytmu fuzji sensorycznej</b>	<b>9</b>
5.1 Fuzja sensoryczna . . . . .	9
5.2 Filtr Kalmana . . . . .	9
5.3 Filtr cząsteczkowy . . . . .	9
5.4 Fuzja lokalizacji BLE z odometrią . . . . .	9
5.5 Fuzja lokalizacji BLE z sensorem bezwładnościowym . . . . .	9
5.6 Fuzja lokalizacji BLE z lokalizacją w oparciu o skaner laserowy . . . . .	9

---

<b>6</b>	<b>Platforma testowa</b>	<b>10</b>
6.1	System locationTAG . . . . .	10
6.1.1	Znacznik locationTAG . . . . .	10
6.1.2	System gromadzenia danych . . . . .	10
6.2	Robot . . . . .	10
<b>7</b>	<b>Testy rozwiązania</b>	<b>11</b>
7.1	Narzędzia testowe . . . . .	11
7.2	Porównanie metod filtracji siły sygnału RSSI . . . . .	11
7.3	Porównanie metod fuzji sensorycznej . . . . .	11
	<b>Bibliografia</b>	<b>12</b>
	<b>Wykaz skrótów</b>	<b>12</b>

# Spis rysunków

# Rozdział 1

## Wstęp

Problem lokalizacji robota w pomieszczeniu zamkniętym jest w ostatnich latach często rozważany. Jako że nawigacja satelitarna (GPS, GLONASS) jest niedostępna w pomieszczeniach zamkniętych, konieczne jest opracowanie innych metod lokalizowania robota. Do tych metod należą m. in:

- lokalizacja w oparciu o wizualne znaczniki i system ich rozpoznawania
- lokalizacja na podstawie stereowizji
- odometria
- lokalizacja na podstawie odległości od znaczników (radiowych, akustycznych itp)

Przedmiotem niniejszej pracy jest zaprojektowanie oprogramowania do znacznika radiowego i odbiornika, pozwalającego na wyznaczanie odległości odbiornika do znacznika na podstawie parametru RSSI (Received Signal Strength Indication). Parametr RSSI określa moc odbieranego sygnału radiowego.

Takie znaczniki mogą zostać rozmieszczone w środowisku pracy robota, z kolei robot może zostać niskim kosztem wyposażony w odbiornik radiowy [?]. Dysponując mapą rozmieszczenia znaczników w pomieszczeniu oraz informacją o odległościach pomiędzy robotem a poszczególnymi znacznikami, można wyznaczać pozycję robota.

Ze względu na niski koszt sprzętu i łatwość implementacji, do implementacji rozwiązania wybrano protokół Bluetooth Low Energy.

## Rozdział 2

# Propagacja sygnału radiowego w pomieszczeniu zamkniętym

## Rozdział 3

# Metody lokalizacji bezprzewodowej w pomieszczeniu

### 3.1 Technologie radiowe

#### 3.1.1 Wi-Fi

#### 3.1.2 Bluetooth

Bluetooth Low Energy

### 3.2 Algorytmy

#### 3.2.1 Trilateracja

#### 3.2.2 Fingerprinting

## Rozdział 4

# Projekt algorytmu lokalizacji robota

4.1 Gromadzenie danych ze znaczników

4.2 Filtracja i konwersja danych RSSI na odległość

4.3 Trilateracja



## Rozdział 5

# Projekt algorytmu fuzji sensorycznej

5.1 Fuzja sensoryczna

5.2 Filtr Kalmana

5.3 Filtr cząsteczkowy

5.4 Fuzja lokalizacji BLE z odometrią

5.5 Fuzja lokalizacji BLE z sensorem bezwładnościowym

5.6 Fuzja lokalizacji BLE z lokalizacją w oparciu o skaner laserowy

# Rozdział 6

## Platforma testowa

### 6.1 System locationTAG

#### 6.1.1 Znacznik locationTAG

#### 6.1.2 System gromadzenia danych

### 6.2 Robot

# Rozdział 7

## Testy rozwiązania

7.1 Narzędzia testowe

7.2 Porównanie metod filtracji siły sygnału RSSI

7.3 Porównanie metod fuzji sensorycznej

# Wykaz skrótów

AES	Advanced Encryption Standard
API	Application Programming Interface
BLE	Bluetooth Low Energy
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GATT	Generic Attribute
GCC	GNU Compiler Collection
ISM	Industrial, Scientific, Medical (pasmo częstotliwości)
MAC	Media Access Control
RAM	Random Access Memory
ROS	Robot Operating System
RSSI	Radio Signal Strength Indicator
SDK	Software Development Kit
UHF	Ultra High Frequency