

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,**  
**INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ**

Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii

Praca dyplomowa magisterska

*Wykorzystanie nawigacji sygnałów WiFi jako źródła danych dla automatyki budynkowej*

*Navigation with WiFi signals in buildings as data source for building automation systems.*

Autor: ·Patryk Stryczek

Kierunek studiów:Elektrotechnika

Opiekun pracy: *dr inż. Andrzej Ożadowicz*

Kraków 2016

*Oświadczam, świadomy odpowiedzialności karnej za poświadczenie nieprawdy, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem osobiście i samodzielnie i że nie korzystałem ze źródeł innych niż wymienione w pracy.*

Kraków, dnia ………….… Podpis dyplomanta ……………………

Spis treści

[Spis treści 3](#_Toc461551986)

[1. Wstęp 4](#_Toc461551987)

[2. Lokalizacja, nawigacja oraz mikrolokalizacja i mikronawigacja 4](#_Toc461551988)

[3. Charakterystyka mediów stosowanych w systemach lokalizacyjnych 5](#_Toc461551989)

[4. Opis stosowanych metod pomiarowych 9](#_Toc461551990)

[5. Najczęściej wykorzystywane techniki określania pozycji 9](#_Toc461551991)

[6. Wstęp do części praktycznej 10](#_Toc461551992)

[a. Platforma Android 10](#_Toc461551993)

[7. Schemat ideowy projektu badawczego 10](#_Toc461551994)

[a. Wyprowadzenie wzorów do obliczeń 10](#_Toc461551995)

[b. Implementacja aplikacji lokalizacyjnej 10](#_Toc461551996)

[8. Podsumowanie 10](#_Toc461551997)

# Wstęp

Tematem niniejszej pracy jest zbadanie możliwości użycia sygnałów Wifi do nawigacji, a w dalszym kontekście wykorzystania ich jako źródła dany dla automatyki budynkowej. Praca podzielona została na dwie części. W pierwszej, autor w sposób teoretyczny omówił zagadnienia lokalizacji, nawigacji oraz ich pochodne – mikrolokalizację i mikronawigację. Ponadto, zwrócono uwagę na obecnie stosowane i rozwijane sposoby implementacji tychże zagadnień w życiu codziennym. Część pierwsza kończy się prezentacją potencjalnych sposobów wykorzystania danych gromadzonych przez systemy mikrolokalizacji w automatyce budynkowej.

# Lokalizacja, nawigacja oraz mikrolokalizacja i mikronawigacja

Od wieków człowiek szuka łatwego i intuicyjnego sposobu określania swojego położenia oraz wyznaczania drogi do celu. Metody lokalizowania, a więc w dalszej perspektywie nawigowania zmieniały się wraz z rozwojem techniki. Obecnie, najpopularniejszą metodą lokalizacyjną jest amerykański system GPS-NAVSTAR oraz konkurencyjne dla niego usługi rosyjskie – GLONASS, europejskie – Galileo czy chińskie – Beidou. W oparciu o sygnały lokalizacyjne oraz dokładne mapy, wiele firm oferuje oprogramowanie umożliwiające określenie pozycji czy nawigację do celu. Niestety, w dynamicznie rozwijającym się świecie ogromnych budynków o skomplikowanej strukturze, szybko okazało się, iż obecnie stosowane systemy nie spełniają już swojego podstawowego zadania – prowadzenia do celu. Dlatego też, z zagadnienia nawigacji i lokalizacji wyodrębniono pojęcia mikrolokalizacji i mikronawigacji – w odniesieniu do precyzyjnego określania położenia użytkownika w środowiskach, gdzie klasyczne metody zawodzą.

Podstawowe pojęcia z zakresu lokalizacji i pozycjonowania:

* Pozycjonowanie – określanie położenia obiektu lub osoby. Używany w kontekście zmiany położenia badanego obiektu.
* Lokalizacja – pojęcie używane do opisu procesu określenia położenia w bezprzewodowych sieciach czujników. Termin ten odnosi się głównie do dość ogólnej estymacji położenia badanego obiektu.
* Nawigacja – oznacza, zależnie od kontekstu, określenie pozycji, prędkości oraz kierunku obiektu bądź też określenie optymalnej drogi ( w rozumieniu najszybszej, najkrótszej, najtańszej) od punktu początkowego do końcowego. Może oznaczać również prowadzenie obiektu po wyznaczonej uprzednio ścieżce, korygujące na bieżąco wszelkie odstępstwa od tejże.
* Śledzenie – podobnie jak nawigacja, ma na celu określenie, czy obiekt porusza się po wyznaczonej ścieżce, z tą różnicą, że nie ma bezpośredniego wpływu na sposób poruszania się obiektu. Jest to działanie czysto informacyjno-kontrolne.

Stworzenie projektu systemu lokalizacji wewnątrzbudynkowej opiera się na trzech podstawowych krokach:

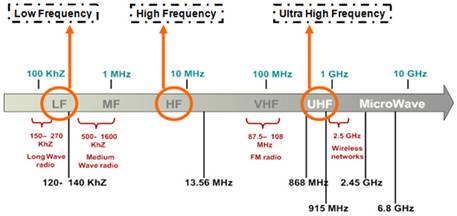
W odniesieniu do takiego schematu działania, warto na początek krótko jego elementy.

# Charakterystyka mediów stosowanych w systemach lokalizacyjnych

Podstawowym, z punktu widzenia twórcy systemu nawigacji wewnątrzbudynkowej, podziałem metod pozycjonowania jest konieczność, lub jej brak, stworzenia dodatkowej infrastruktury w obiekcie, którego lokalizacja dotyczy:

* 1. RFID  
     RFID – Radio Frequency Identificator – protokół, a właściwie układ elektroniczny, zdolny do przechowania i odtworzenia danych poprzez transmisję elektromagnetyczną. Przedział częstotliwości sygnału jest bardzo szeroki:

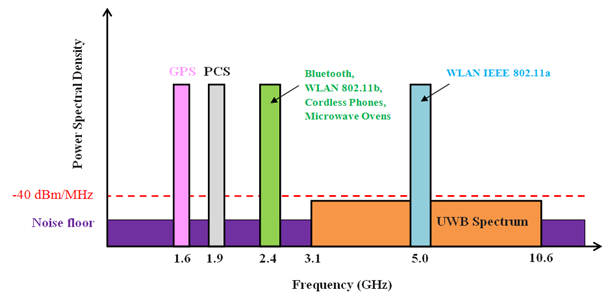
Rysunek 1 https://www.emworks.com/media/images/product/large/6c8349cc7260ae62e3b1396831a8398f\_2.jpg

Implementacja protokołu opiera się na kilku kluczowych komponentach – najistotniejsze z nich to czytniki RFID oraz znacznik RFID. Komunikacja pomiędzy taką parą urządzeń odbywa się za pośrednictwem zdefiniowanej w protokole częstotliwości.   
Znaczniki dzielimy dodatkowo na pasywne i aktywne:  
Pierwszy rodzaj znaczników jest w stanie funkcjonować bez baterii. Są one głównie wykorzystywane w zastępstwie kodów kreskowych, w odróżnieniu od aktywnych, są od nich lżejsze, mniejsze i tańsze. Odbierają one sygnał radiowy wysłany do nich przez czytnik i odbijając, modulują. Przekazują w ten sposób zapisane w nich dane. Niestety, ich zasięg skutecznego działania jest niewielki, a czytniki, które są w stanie funkcjonować ze znacznikami pasywnymi na dystansie >1 metra są bardzo drogie.

Metody lokalizacji oparte o pasywne systemy RFID w większości przypadków korzystają z techniki Cell-of-Origin – sąsiedztwa. Zakłada ona, że jeśli dana osoba znajduje się zasięgu konkretnego znacznika, to zlokalizowana jest w pewnym otoczeniu – który określa się mianem komórki. Jak łatwo zauważyć, nie pozwala to na uzyskanie dużej dokładności bez umieszczenia znacznej liczby znaczników, dlatego też pasywne tagi RFID najczęściej instalowane są jako elementy systemów kontroli dostępu czy też zarządzania zapleczem logistyczno-magazynowym.

Znaczniki aktywne, to w rzeczywistości urządzenia odbiorczo nadawcze, które mogą aktywnie nadawać własny identyfikator (oraz inne dodatkowe dane) w odpowiedzi na pobudzenie. Ich skuteczny zasięg to dziesiątki metrów. Systemy lokalizacyjne zrealizowane przy pomocy znaczników aktywnych, korzystają z metody fingerprintingu i zmierzonej siły otrzymanego sygnału RSSI. (TODO)

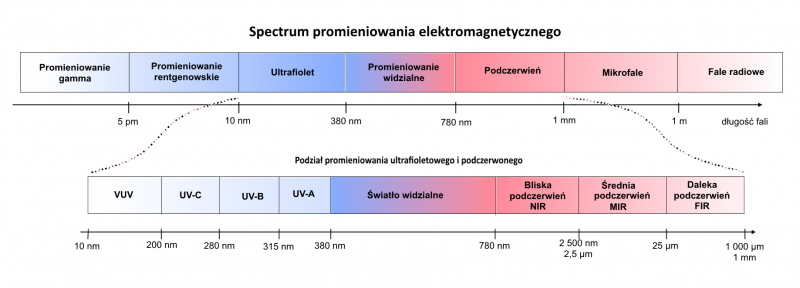
* 1. UWB – protoków Ultra-Wideband to technika radiowa, działająca – zgodnie z regulacjami prawnymi – na dystansie do 100.



Rysunek 2 http://www.vlsiegypt.com/home/wp-content/uploads/2012/11/111912\_0903\_Whydoweneed4.png

Transmisja danych zrealizowana jest przy pomocy krótkich (nanosekundowych lub krótszych) impulsów elektromagnetycznych o bardzo szerokim paśmie(>500 Mhz) i wysokiej częstotliwości (3,1-10,6 Ghz). Techniki lokalizacji, które realizowane są przy pomocy protokołu UWB to min. ToA (Time of Arrival), TWR (Two Way Ranging) oraz TDoA (Time Difference of Arrival). Jak widać, wszystkie te metody bazują na pomiarze czasu. Lokalizacja osób i obiektów dokonywana jest na podstawie odbić sygnału, działanie to przypomina metodę funkcjonowania radaru. System taki wymaga wielokierunkowych nadajników sygnału oraz wielu anten odbiorczych.

* 1. Podczerwień – protokół IR to fala promieniowania elektromagnetycznego o zakresie od 780nm do 1mm. Światło podczerwone ma wiele zastosowań w kontekście miernictwa – szczególnie jeśli chodzi o precyzyjny pomiar odległości.



Rysunek 3 https://www.continentaltrade.com.pl/files/MIKA/SZKLO/Szklo%20wodowskazowe%20i%20wzierne/Szklo%20kwarcowe/Spectrum.png

Dlatego też z powodzeniem stosuje się je w prostych układach lokalizacyjnych – typu CoO. Są one w stanie wykryć pojawienie się obiektu w oświetlanym obszarze. Innym sposobem wykorzystania promieni podczerwonych do lokalizacji są tzw. Aktywne beacony. Zakłada on umieszczenie odbiorników IR w znanych lokalizacjach pomieszczenia oraz wyposażenie lokalizowanego obiektu w nadajniki IR. W momencie odebrania sygnału z beacona, istnieje możliwość określenia przybliżonego położenia nadajnika. Dokładność takiego rozwiązania ogranicza się jednak do pomieszczenia, lub jego części.

* 1. Ultradźwięki – są to fale akustyczne, których spektrum rozciąga się w przedziale od 16kHz od 1Ghz.
  2. Zigbee – protokół Zigbee to metoda bezprzewodowej transmisji danych w obrębie tzw. WPAN (Wireless Personal Area Network – osobistej sieci bezprzewodowej). Deklarowany w specyfikacji zasięg węzła w wolnej przestrzeni wynosi do 100m, jednak w obszarze wewnątrz budynku, zakres ten spada do 30-40 metrów. Protokół pracuje z częstotliwością 868Mhz, 915Mhz lub 2,4Ghz. Najpopularniejszą metodą lokalizacji, stosowaną w połączeniu z węzłami Zigbee jest metoda zmierzonej siły otrzymanego sygnału RSSI. W odróżnieniu od innych metod, nie jest tutaj tworzona mapa (fingerprint) sił sygnałów – siłę sygnału pomiędzy poszczególnymi węzłami wykorzystuje się do stworzenia rzeczywistych charakterystyk propagacji sygnału w badanym środowisku.
  3. WIFI -
  4. Sieć komórkowa (GSM/UMTS) – powszechnie dziś wykorzystywany protokół GSM/UMTS, oferujący połączenia głosowe oraz dostęp do sieci Internet. GSM operuje w częstotliwościach 400Mhz, 850Mhz, 900Mhz, 1800Mhz oraz 1900Mhz. Z uwagi na fakt, że są to częstotliwości prywatne, w przypadku lokalizacji znika problem interferencji czy zakłóceń w paśmie transmisji. Dzięki zastosowaniu nadajników dużej mocy, zasięg poszczególnych stacji nadawczych wynosi około 35km. W lokalizacji przy użyciu sygnałów GSM, wykorzystuje się różne techniki, AoA, ToA, TDoA, CoO, a także RSSI i Fingerprintingu . Niestety, dostęp do danych pochodzących z tego typu lokalizacji jest mocno utrudniony z uwagi na ochronę danych osobowych, dlatego też niewiele można powiedzieć o jakości pomiaru.
  5. Bluetooth Low Energy – zna ny także pod nazwą Bluetooth Smart – protokół komunikacyjny zaprezentowany przez firmę Nokia w 2006 roku pod nazwą Wibree, połączony ze standardem Bluetooth w 2010 roku, jako część Bluetooth Core Specification Version 4.0, później zaktualizowanej do wersji 4.2. Podobnie jak w przypadku Zigbee – Bluetooth Smart funkcjonuje w obrębie WPAN. Protokół operuje w paśmie 2.4Ghz, a deklarowany w specyfikacji zasięg działania wynosi ponad 100m. Teoretyczna, maksymalna przepustowość komunikacyjna Bluetooth Smart wynosi do 1 Mbit/s, zaś opóźnienia wynoszą mniej niż 6ms. Dzięki swojemu niskiemu zapotrzebowaniu na energię (deklarowana przez producenta energochłonność protokołu to od 0.01 do 0.5W) sprawiła, że Bluetooth Smart znalazł zastosowanie w wielu urządzeniach przenośnych, takich jak smartfony, tablety czy notebooki. Ponadto, na bazie tego standardu powstała całkowicie nowa grupa urządzeń – IoT. W jej skład wchodzą wszelkiego rodzaju opaski zbierające dane o aktywności fizycznej użytkownika czy bezprzewodowe, medyczne urządzenia pomiarowe. W kontekście nawigacji, najistotniejszą aplikacją Bluetooth Low Energy są beacony. W założeniu, są to niewielkie urządzenia, dysponujące zasilaniem bateryjnym, rozgłaszające w swojej najbliższej okolicy własną pozycję, stające się zatem swoistymi punktami odniesienia dla potrzeb lokalizacji. Metody lokalizacji oparte o Bluetooth Smart, wykorzystują metodę zmierzonej siły otrzymanego sygnału RSSI oraz częstotliwość odpowiedzi (Response Rate) aby wygenerować mapę sił sygnałów (fingerprint) badanego obszaru lokalizacji.

# Opis stosowanych metod pomiarowych

W kontekście lokalizowania i pozycjonowania istotne są następujące określenia techniczne:

* LoS – Line of Sight oraz NLoS – Non Line of Sight (dosłownie – linia wzroku) – stany, w których sygnał bezprzewodowy biegnie od nadajnika do odbiornika bezpośrednio – nie przenikając po drodze przez żadne przeszkody fizyczne oraz przeciwnie, gdy sygnał natrafia na ściany, meble, ludzi, zmieniając ośrodki, w których propaguje.
* RSSI – Received Signal Strength Indicator - Zmierzona siła odebranego sygnału – wskaźnik, który TODO

Do podstawowych metod pomiaru odległości należą:

* ToA/ToF –Time of Arrival / Time of Flight – Czas przybycia - sposób określenia odległości pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem. Obliczany na podstawie szybkości przemieszczania się sygnału w medium o znanym współczynniku propagacji. Metoda ta jest mocno uzależniona od precyzji synchronizacji pomiędzy zegarami taktującymi nadajnik i odbiornik - w przypadku częstotliwości radiowych, każda nanosekunda błędu przekłada się na niedokładność pomiaru odległości rzędu 30 cm.
* TDoA – Time Difference of Arrival – różnice czasu przybycia – metoda pomiaru odległości, która korzysta w znacznej mierze z ToA. Zasadniczą różnicą, jest brak konieczności synchronizowania zegarów odbiorników. Odbiornik nie musi znać dokładnego czasu, w którym sygnał został wysłany, a jedynie różnicę w czasie otrzymania sygnału z nadajnika.
* RTT/RToF – Roundtrup Time of Flight – dwukierunkowy czas przybycia – metoda pomiaru odległości, w której mierzony jest zarówno czas, jaki zajmuje sygnałowi dotarcie do celu ale również czas dotarcia odpowiedzi. Eliminuje to konieczność synchronizacji odbiorników i nadajników. Wadą tej metody jest możliwość występowania opóźnień, w sytuacji pomiaru odległości wielu urządzeń jednocześnie – gdyż muszą być one kolejkowane.
* PoA/PD –Phase of Arrival/Phase Difference – faza przybycia, różnica fazy – metoda pomiaru bazująca na określeniu przesunięcia fazowego sygnału. Zmiana fazy sygnałów docierających do odbiornika wynika z różnej prędkości rozchodzenia się fali elektromagnetycznej w różnych ośrodkach. Na tej podstawie można określić dystans z dokładnością do nanometrów (przy zastosowaniu sygnału laserowego)
* AoA / Angulation / Triangulation – Kąt przybycia / Triangulacja – TODO

# Najczęściej wykorzystywane techniki określania pozycji

Podstawowe metody pozycjonowania, implementowane w obecnie istniejących systemach:

* Trilateration/Multilateration – triliteracja/mutliliteracja –
* CoO– Cell of Origin – sąsiedztwo –
* FP – Fingerprinting – mapa / analiza sceny
* DR – Dead Reckoning -

# Wstęp do części praktycznej

# Platforma Android

# Schemat ideowy projektu badawczego

# Wyprowadzenie wzorów do obliczeń

# Implementacja aplikacji lokalizacyjnej

# Podsumowanie