

**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](#_Toc461556552)

[1) Wstęp 4](#_Toc461556553)

[2) Lokalizacja, nawigacja oraz mikrolokalizacja i mikronawigacja 4](#_Toc461556554)

[3) Charakterystyka mediów stosowanych w systemach lokalizacyjnych 5](#_Toc461556555)

[a) RFID 5](#_Toc461556556)

[b) UWB – 6](#_Toc461556557)

[c) Podczerwień 7](#_Toc461556558)

[d) Ultradźwięki 8](#_Toc461556559)

[e) Zigbee 8](#_Toc461556560)

[f) WiFi 8](#_Toc461556561)

[g) Sieć komórkowa (GSM/UMTS) 8](#_Toc461556562)

[h) Bluetooth Low Energy 8](#_Toc461556563)

[4) Opis stosowanych metod pomiarowych 9](#_Toc461556564)

[a) LoS / NLos 9](#_Toc461556565)

[b) RSSI 9](#_Toc461556566)

[c) ToA/ToF 9](#_Toc461556567)

[d) TDoA 9](#_Toc461556568)

[e) RTT/RToF 9](#_Toc461556569)

[f) PoA/PD 10](#_Toc461556570)

[g) AoA / Angulation / Triangulation 10](#_Toc461556571)

[5) Najczęściej wykorzystywane techniki określania pozycji 10](#_Toc461556572)

[a) Trilateration/Multilateration 10](#_Toc461556573)

[b) CoO– Cell of Origin 10](#_Toc461556574)

[c) FP 10](#_Toc461556575)

[d) DR 10](#_Toc461556576)

[6) Wstęp do części praktycznej 10](#_Toc461556577)

[a) Platforma Android 10](#_Toc461556578)

[7) Schemat ideowy projektu badawczego 10](#_Toc461556579)

[a) Wyprowadzenie wzorów do obliczeń 10](#_Toc461556580)

[b) Implementacja aplikacji lokalizacyjnej 10](#_Toc461556581)

[8) Podsumowanie 10](#_Toc461556582)

# 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.

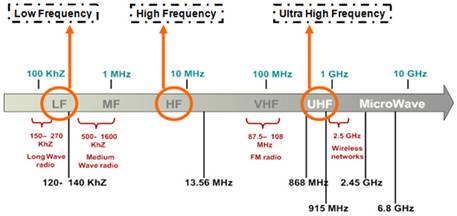
**Stworzenie projektu systemu lokalizacji wewnątrzbudynkowej opiera się na trzech podstawowych krokach:**

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:

## RFID

Radio Frequency Identificator – protokół, realizowany przez układ elektroniczny, zdolny do przechowania i odtworzenia danych poprzez transmisję elektromagnetyczną. Przedział częstotliwości sygnału prezentuje poniższy rysunek:  


Rysunek Zakres częstotliwościowy pracy RFID

Źródło: https://www.emworksercom/media/images/product/large/6c8349cc7260ae62e3b1396831a8398f\_2.jpg

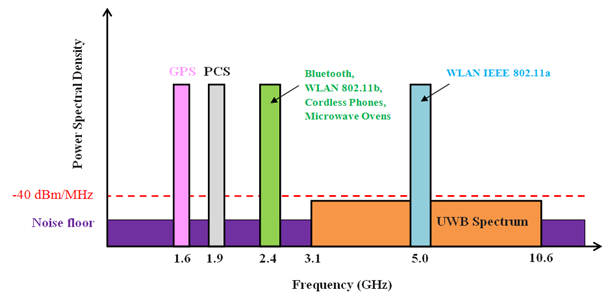
Implementacja protokołu opiera się na kilku kluczowych komponentach – najistotniejsze z nich to czytniki RFID oraz znacznik RFID. Komunikacja pomiędzy taką parą urządzeń odbywa się za pośrednictwem zdefiniowanej w protokole częstotliwości.   
Znaczniki dzielimy dodatkowo na pasywne i aktywne:  
Pierwszy 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 CoO. 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 wskaźnik mocy otrzymanego sygnału RSSI.

## UWB –

protokół Ultra-Wideband to technika radiowa, działająca – zgodnie z regulacjami prawnymi – na dystansie do 100.

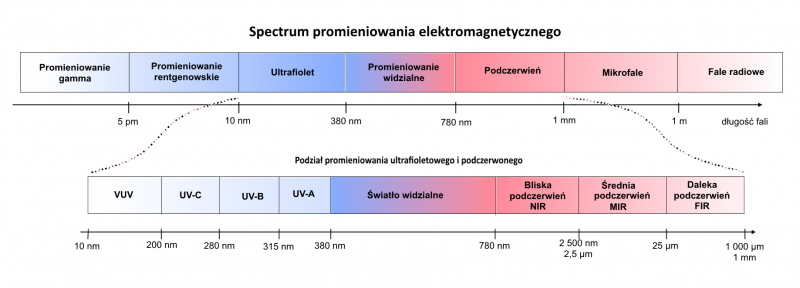
Rysunek Zakres częstotliwości pracy protokołu UWB

Źródło: 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 – powyżej 500 Mhz i wysokiej częstotliwości od 3,1 Ghz do 10,6 Ghz (Rys. 2) 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.

## Podczerwień

protokół IR to fala promieniowania elektromagnetycznego o zakresie od 780nm do 1mm (Rysunek 3). Światło podczerwone ma wiele zastosowań w kontekście miernictwa – szczególnie jeśli chodzi o precyzyjny pomiar odległości.

Rysunek Spektrum promieniowania światła podczerwonego w widmie promieniowania elektromagnetycznego

Źródło: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.

## Ultradźwięki

są to fale akustyczne, których spektrum rozciąga się w przedziale od 16kHz od 1Ghz. TODO

## Zigbee

protokół Zigbee to standard automatyki budynkowej oraz sieci sensorowych, oferujący bezprzewodową transmisję 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 wskaźnika mocy 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. RYSUNEK

## WiFi

Dynamicznie rozwijający się, jeden z najpopularniejszych protokołów komunikacji bezprzewodowej na świecie. WiFi, inaczej WLAN (Wireless Local Area Network) to popularna nazwa grupy standardów IEEE 802.11 dotyczących transmisji danych. Podstawowe rodzaje WiFi operują w paśmie częstotliwości 2,4GHz oraz 5Ghz. Zasięg działania nadajników wynosi na otwartej przestrzeni od 50 do 100 metrów, jednak sygnał, z racji swojej częstotliwości jest podatny na zakłócenia i tłumienie, wywołane obiektami znajdującymi w „linii wzroku”, a więc w przypadku komunikacji NLoS. Z powodu złożoności transmisji(opóźnień i pomiarów kątowych), w przypadku wykorzystania WiFi jako medium nawigacyjnego, najczęściej korzysta się z RSSI. Aby zwiększyć dokładność, metodę tę wiąże się z modelem propagacji, CoO, Fingerprintingiem lub multiliteracją. RYSUNEK

## 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. RYSUNEK

## Bluetooth Low Energy

znany 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 wskaźnika mocy otrzymanego sygnału RSSI oraz częstotliwość odpowiedzi (Response Rate) aby wygenerować mapę sił sygnałów (fingerprint) badanego obszaru lokalizacji. RYSUNEK BEACONA

# Opis stosowanych metod pomiarowych

**W kontekście stosowanych metod pomiarowych należy zwrócić uwagę na dwa kluczowe pojęcia:**

## LoS / NLos

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 - Wskaźnik mocy odebranego sygnału – wskaźnik, który może zostać wykorzystany do określenia odległości pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem sygnału, przy założeniu, że znane są takie współczynniki jak [wzór 1]: moc nadajnika, wzmocnienia anten odbiornika i nadajnika oraz tłumienie trasy (path loss).

Gdzie:

Wzór 1. Wzór na wskaźnik mocy odebranego sygnału

Pr(d) = mocy odebranego sygnału

Pt = moc nadajnika

Gt = wzmocnienie nadajnika

Gr = wzmocnienie odbiornika

λ = długość fali

p = tłumienie trasy

TODO

## Indoor Path Loss Model

Zwany potocznie modelem ITU (International Telecomunication Union) dla tłumienia we wnętrzach – jest modelem propagacji, który zakłada występowanie nietypowych warunków transmitowania fali radiowej wewnątrz budynku. Model dostarcza zależność pomiędzy odległością a całkowitym tłumieniem na trasie sygnału. Funkcję tę opisuje wzór 2:

Gdzie:

Wzór 1. Wzór na wskaźnik mocy odebranego sygnału

L = tłumienie trasy

f = częstotliwość sygnału

d = odległość pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem

c = określony empirycznie współczynnik strat przy penetracji, gdzie k to liczba pięter pomiędzy odbiornikiem i nadajnikiem (stosowna tabela tych wartości znajduje się w oficjalnym dokumencie ITU [BIBLIOGRAFIA])

p = współczynnik tłumienia trasy

Model zaproponowany przez ITU rozpatruje pomieszczenia jako obszary zamknięte, ograniczone przez ściany, gdzie sygnał radiowy może być odbijany, absorbowany lub jest w stanie propagować w konkretnym obszarze. Określenie wartości współczynnika trasy p, wymaga złożonych obliczeń, dlatego też, dla ułatwienia modelowania systemów, opartych o Indoor Path Loss Model stosuje się uzyskane empirycznie wartości, które w zależności od typu pomieszczenia zawierają się w granicach od 20 do 30.

**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

Kąt przybycia / angulacja– sposób określenia kierunku, z którego nadszedł sygnał. Do jej implementacji najczęściej wykorzystywana jest metoda TDoA – różnica w czasie dotarcia sygnału do poszczególnych anten układu. Kąt przybycia wykorzystywany jest w metodzie triangulacji, do określenia położenia obiektu w przestrzeni – sprawdzająca się w układach, gdzie sygnał podróżuje w obrębie LoS.

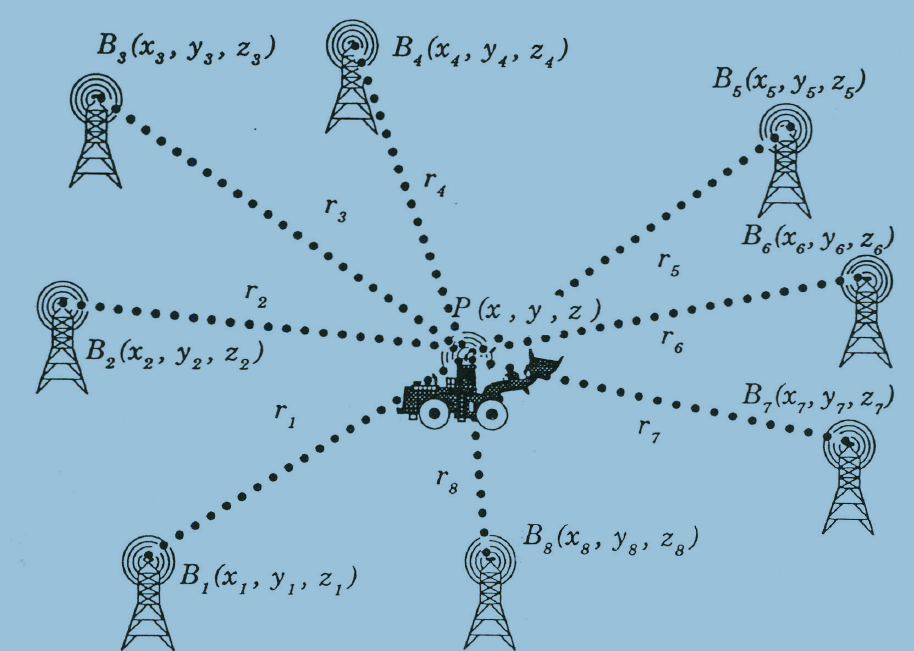
# Najczęściej wykorzystywane techniki określania pozycji

**Podstawowe metody pozycjonowania, implementowane w obecnie istniejących systemach:**

## Trilateration/Multilateration

Triliteracja to metoda lokalizacyjna, będąca przypadkiem szczególnym multiliteracji. Jak sama nazwa wskazuje, opiera się ona o układy wyposażone w trzy punkty – węzły o znanej pozycji w układzie współrzędnych, definiującym badany obszar. Aby określić lokalizację szukanego punktu, wystarczy wyznaczyć jego odległość od poszczególnych węzłów, które stanowią niejako wierzchołki trójkąta. Następnie, rozwiązując układ **n**-równań liniowych (gdzie **n** w przypadku triliteracji wynosi 3) otrzymujemy położenie punktu w płaskim, dwuwymiarowym układzie współrzędnych. Rysunek 4 🡪 PRZEROBIĆ NA MULTILITERACJĘ

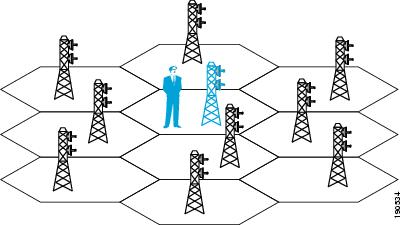
Rysunek Multiliteracja



Źródło: Determination of a Position in Three Dimensions Using Trilateration and Approximate Distances

W przypadku nawigacji wewnątrzbudynkowej, triliteracja wykorzystuje RSSI sygnałów do określenia odległości pomiędzy węzłami o znanej lokalizacji a obiektem badanym. Jakość pomiaru RSSI oraz wyliczenie dystansu, jest głównym źródłem błędów pomiarowych w tej metodzie. Niezaprzeczalną jej zaletą jest jednak możliwość redukcji systemu do nadajników oraz urządzenia lokalizowanego – dane mogą być przeliczane na bieżąco i o ile węzły generujące sygnał lokalizujący nie ulegną przemieszczeniu, system może działać autonomicznie, elastycznie reagując na zmiany topologii pomieszczenia.

## CoO – Cell of Origin

Prosta technika pozycjonowania, zakładająca, że jeśli dany transmiter znajduje się zasięgu konkretnego węzła sieci, to zlokalizowana jest w pewnym jego otoczeniu.   
Model wyidealizowany takiego zagadnienia prezentuje rysunek 4.

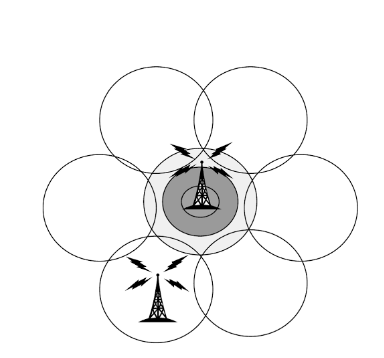
Źródło: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Mobility/WiFiLBS-DG/wifich2.html

Rysunek Idealny model pozycjonowania metodą CoO

Obszar ten określa się mianem komórki. Jak łatwo zauważyć, dokładność tej metody lokalizacyjnej zależy wprost od gęstości węzłów, będących w stanie wykryć obecność transmitera w swoim pobliżu. Jeśli założyć, że poszukiwany model znajduje się w obszarze, gdzie sygnał lokalizujący biegnie w sposób niezakłócony, obszar pokryty zasięgiem przez poszczególne węzły jest w przybliżeniu kołem – RYS 5. Sytuację taką prezentuje rysunek 5.

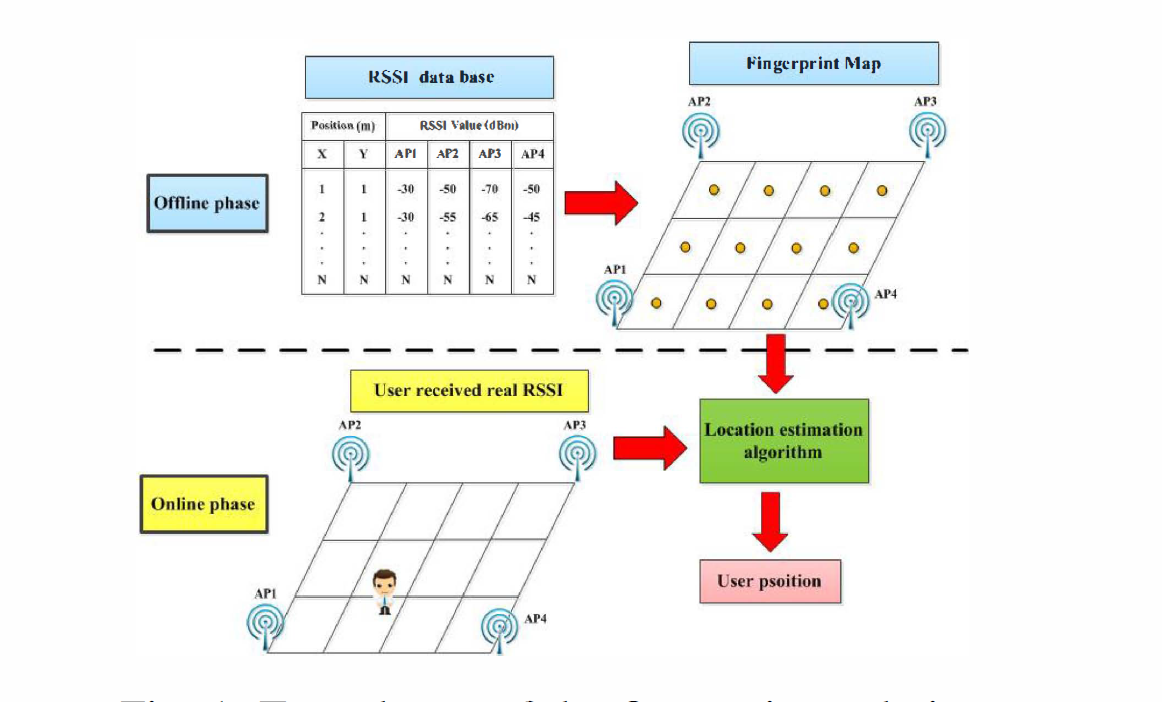
Źródło: Mobile Location Services: The Definitive Guide, Tom 1 Autorzy Andrew Jagoe

Rysunek 5 Model CoO zbliżony do rzeczywistego

W przypadku występowania wielu węzłów sieci lokalizującej dojść zatem musi do wystąpienia sytuacji, w której transmiter znajdzie się w zasięgu dwóch węzłów, lub też w miejscu, gdzie żaden węzeł nie będzie dostępny (skrajność). Sprawi to, że albo będzie on niemożliwy do namierzenia, albo pomiar będzie silnie niedokładny. Metoda CoO jest popularnie stosowana przez służby ratownicze oraz sieci komórkowe do lokalizowania urządzeń GSM poszukiwanych osób. Zawsze jednak jest to tylko sposób zgrubnego określenia położenia transmitera, będący wstępem do użycia bardziej zaawansowanych technik lokalizacyjnych.

## FP - Fingerprinting

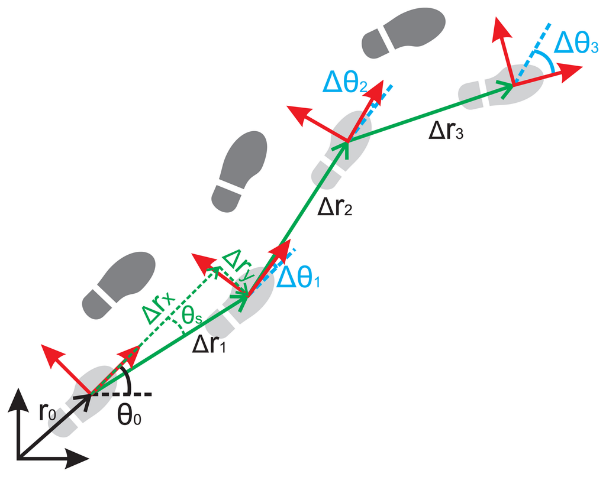
Fingerprinting – mapa / analiza sceny. Metoda pozycjonowana, w której sygnałem lokalizującym może być zarówno RSSI sygnałów radiowych jak też światło czy dźwięk. Aplikacja fingerprintingu ma zwykle dwie fazy. Pierwsza, zwana offline, zakłada stworzenie mapy obszaru objętego usługą lokalizacji. Na mapie, umieszcza się, z przyjętą rozdzielczością, punkty, dla których określa się wartości wykorzystywanych sygnałów lokalizacyjnych. Można tego dokonać empirycznie, przy wykorzystaniu pomiarów lub też analitycznie, stosując wybrany model tłumienia trasy sygnału. Faza druga, zwana online, zakłada maksymalnie dokładne dopasowanie na bieżąco wartości mierzonych do znanych i w ten sposób określenie położenia badanego obiektu. Rysunek 6 prezentuje schemet działa systemu lokalizacji w poszczególnych fazach.

Rysunek 6 Fazy Fingerprintingu

Źródło: An Enhanced Technique for Indoor Navigation System Based on WIFI-RSSI, Kittipong Kasantikul, XIU Chuni, YANG Dongkai, YANG Meng

Fingerprinting jest popularnie stosowaną metodą lokalizacyjną w przypadku nawigacji wewnątrzbudynkowej, rozwiązuje ona bowiem problem zakłóceń sygnału lokalizacyjnego. Jej zdecydowanym minusem jest jednak konieczność zgromadzenia dużej liczby danych (zależnie od żądanej rozdzielczości), które muszą być na bieżąco aktualizowane w sytuacji zmiany rozmieszczenia nadajników sygnału lokalizującego. W przypadku wykorzystania metody Fingerprintingu do nawigacji, dane te muszą być przekazywane użytkownikowi na bieżąco, bądź też musi on dysponować urządzeniem obliczeniowym, które na podstawie opracowanego wcześniej algorytmu dopasuje wartości zmierzone w fazie pierwszej do tych zbieranych w czasie rzeczywistym. Często wykorzystywany jest w tym przypadku algorytm Dijkstry.

## DR – Dead Reckoning

Dead Reckoning – nawigacja zliczeniowa. Metoda określenia położenia obiektu, w środowisku, gdzie nie występują zewnętrznych sygnały lokalizacyjne. Nawigacja zliczeniowa zakłada, że znany jest co najmniej jeden punkt – miejsce rozpoczęcia nawigowania. Następnie, za pomocą dostępnych sensorów - głównie akcelerometru, ale także kompasu, wysokościomierza czy prędkościomierza, zbiera się informacje o przemieszczeniu się obiektu w stosunku do punktu początkowego. RYSUNEK 7 prezentuje ścieżkę określoną przy pomocy nawigacji zliczeniowej.   
  
  
  
Głównym problemem, który dotyka systemów korzystających z tego rodzaju lokalizacji jest kumulowanie się błędów, które skorygowane mogą zostać jedynie w momencie dotarcia do kolejnego punktu o znanym położeniu. Nawigacja zliczeniowa w nowoczesnej formie wykorzystywana jest w określaniu położenia statków, samolotów, ale też robotów przemysłowych. Wraz z miniaturyzacją układów żyroskopowych, stała się ona też świetnym sposobem na lokalizację strażaków w obszarach zagrożenia, które zwykle charakteryzują się niemożnością odnalezienia punktów charakterystycznych oraz nieznaną topologią.

Rysunek 7 Źródło: ???

Rysunek 7 Ścieżka w nawigacji zliczeniowej

# Wstęp do części praktycznej

## Platforma Android

# Schemat ideowy projektu badawczego

## Wyprowadzenie wzorów do obliczeń

## Implementacja aplikacji lokalizacyjnej

# Podsumowanie

# Podręczne linki:

# <http://www.piast.edu.pl/Education/Telecommunications_Glossary>

# <http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=SK_Modu%C5%82_11>

# https://books.google.pl/books?id=8VX5\_RH8oc8C&dq=cell+of+origin+positioning&hl=pl&source=gbs\_navlinks\_scz