

Łukasz Błoński, Krzysztof Lichy
Instytut Informatyki Politechnika Łódzka
Wólczańska 215 , 90-924 Łódź
email: krzysztof.lichy@p.lodz.pl

LOKALIZACJA UŻYTKOWNIKA PRZY WYKORZYSTANIU RSSI SYGNAŁU SIECI 802.11

Streszczenie – W artykule opisano założenia metod lokalizacyjnych wykorzystujących RSSI sygnału radiowego sieci w standardzie 802.11. Zaprezentowano również wyniki przeprowadzanych pomiarów oraz działanie autorskiej aplikacji wykorzystującej metodę fingerprint.

Słowa kluczowe: lokalizacja, 802.11, fingerprint wi-fi

1 Wstęp

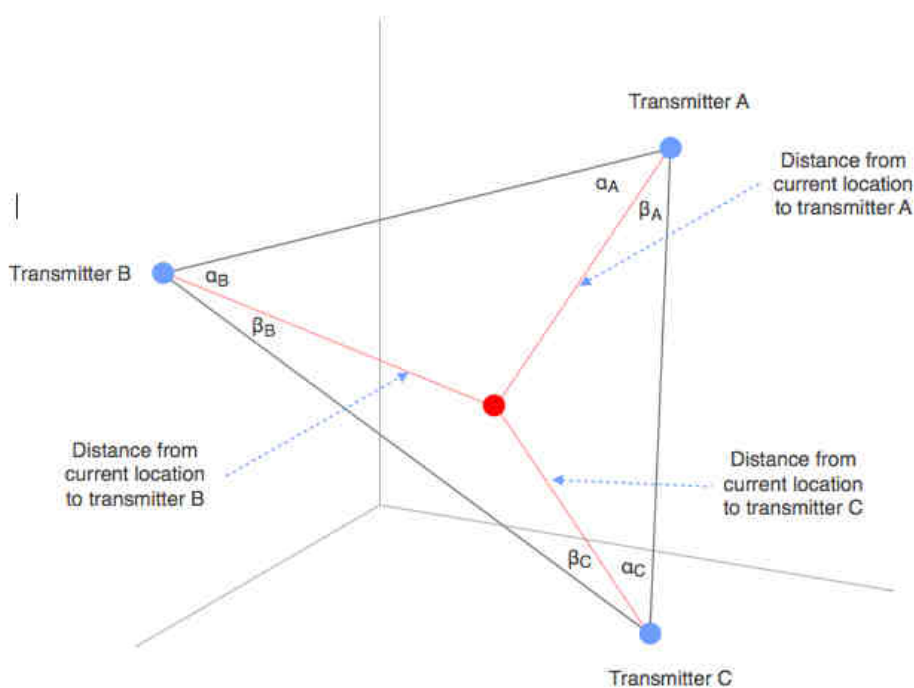
W ostatnich latach zaobserwować można dynamicznie rozwijające się zapotrzebowanie na systemy pozwalające na lokalizację użytkownika bez wykorzystania systemów typu GPS oraz niebazujących na antenach nadawczych sieci komórkowych. Do lokalizacji w takich systemach można używać różnego rodzaju sygnałów takich jak na przykład ultradźwięki (system Sonitor) czy podczerwień (system Active badge). Większość takich rozwiązań wymaga instalacji dedykowanej infrastruktury lub korzystania przez użytkowników ze specjalnych urządzeń (tagów). Wykorzystanie RSSI sygnału pozwala na wykorzystanie istniejącej infrastruktury wi-fi oraz użycie tanich i ogólnodostępnych urządzeń działających pod kontrolą systemu Android.

2 Metodyki pomiarowe wykorzystywane w nawigacji

Metoda wskazania punktu pochodzenia jest to najbardziej prymitywna rozwiązanie, polegające na wskazaniu identyfikatora punktu dostępowego, z którego usług się w danym momencie korzysta. Metoda ta zakłada, że znamy położenie stacji bazowej [11]. Znając parametry fizyczne wykorzystywanego medium jak np. maksymalny zasięg standardu 802.11g, można określić swoją pozycję z dokładnością wynoszącą dwukrotną wartość promienia okręgu wokół stacji bazowej. Zastosowanie tej metody często ma miejsce wśród operatorów komórkowych operujących na antenach GSM. W przypadku sieci

opartych o standardy 802.11 metoda ta jest bardzo rzadko stosowana [12].

Z kolei metoda oparta na triangulacji zakłada, że odbiornik starający się ustalić swoją pozycję, znajduje się w zasięgu trzech stacji nadawczych [7]. Dodatkowym założeniem jest fakt, że klient musi znać dokładne umiejscowienie tych stacji w przestrzeni kartezjańskiej. Nie jest wymagane nawiązywanie połączenia pomiędzy urządzeniami, a jedynie informacje pochodzące z pakietów otrzymywanych podczas skanowania sieci. Posiadając informacje o położeniu stacji i sile sygnałów od każdej z nich, klient jest w stanie wyznaczyć kierunek w jakim się znajduje od wskazanej stacji i określić swoje położenie.



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie zasady działania metody triangulacji [7]

Minusem tego rozwiązania jest sytuacja w której klient nie posiada w swoim zasięgu określonej ilości punktów AP, lub ich pozycja nie jest dokładnie znana (bądź ulegają ciągłemu przemieszczeniu). Anomalie mogą być również spowodowane przeszkodami występującymi w

środowisku pomiarowym. Mogą do nich należeć np. fizyczne przeszkody o małym współczynniku przenikalności fal, inne urządzenia emitujące fale i powodujące efekt interferencji, ciasne pomieszczenia powodujące odkształcenia emitowanych fal AP i zniekształcające wyniki pomiarowe [2].

Kolejne rozwiązanie to metoda lokalizacji odcisku. Wstępnym założeniem tej metodyki jest posiadanie bazy danych przechowującej informacje o jakości sygnałów [4][[7]. Pojedynczy rekord przechowuje dane na temat siły sygnału i liście dostępnych stacji dostępu w danym miejscu. Klient chcący określić swoją pozycję musi wykonać skanowanie sieci i otrzymane wyniki porównać z danymi przechowywanymi w bazie danych. Algorytmy wyszukiwania rekordów w bazie danych jest wiele w zależności od środowiska w jakim tworzona była tego rodzaju „mapa”. Metoda ta nie zakłada posiadania wiedzy o lokalizacji stacji bazowych, emitujących analizowany sygnał radiowy.

Do zalet tego rozwiązania można zaliczyć znacznie dokładniejsze wyniki i mniejszą podatność na zakłócenia. Klient jest w stanie z małym nakładem pracy określić swoją pozycję. Minusem jest fakt, że najpierw należy stworzyć wspomnianą bazę danych. Proces ten jest znacznie bardziej czasochłonny, gdyż wymaga dokładnego „przeskanowania” całej przestrzeni, w której później system ma funkcjonować [4].

3 Przeprowadzane pomiary

Wszystkie pomiary są wykonane za pomocą aplikacji badawczej, uzyskanej w Instytucie Informatyki Politechniki Łódzkiej, zainstalowanej na tablecie Lenovo S8-50L. Podczas badań są wykorzystane trzy punkty dostępu: D-Link DIR-300, Pentagram Cerberus P6391, TP-Link TL-WR841, z identyfikatorami odpowiednio: STACJA_1, STACJA_2, telefoniczna. Pomiar zostały podzielone na cztery podkategorie.

Charakterystyka dla zastosowań różnej siły wzmocnienia sygnału - pomiar wykonywany przez pierwsze 10m w odległości co 0,5m oraz co 1m na dalszej części. Każda seria pomiarowa jest wykonywana kilkakrotnie, a z otrzymanych wyników wyliczana jest średnia arytmetyczna. Badanie wykonywane jedynie na stacji marki Tp-link. Siła wzmocnienia jest realizowana poprzez konfigurację w systemie OpenWRT. Pomiar wykonywany w pobliżu budynku. (rysunek 1).

Charakterystyka dla zastosowań różnych anten – pomiar wykonywany przez pierwsze 10m w odległości co 0,5m oraz co 1m na dalszej części. Każda seria pomiarowa jest wykonywana kilkakrotnie, a z otrzymanych wyników wyliczana jest średnia arytmetyczna. Badania zostały wykonane za pomocą dwóch anten dipolowych, jednego przewodu miedzianego oraz bez wykorzystania anteny. Pomiar wykonywany w pobliżu budynku. (rysunek 1).

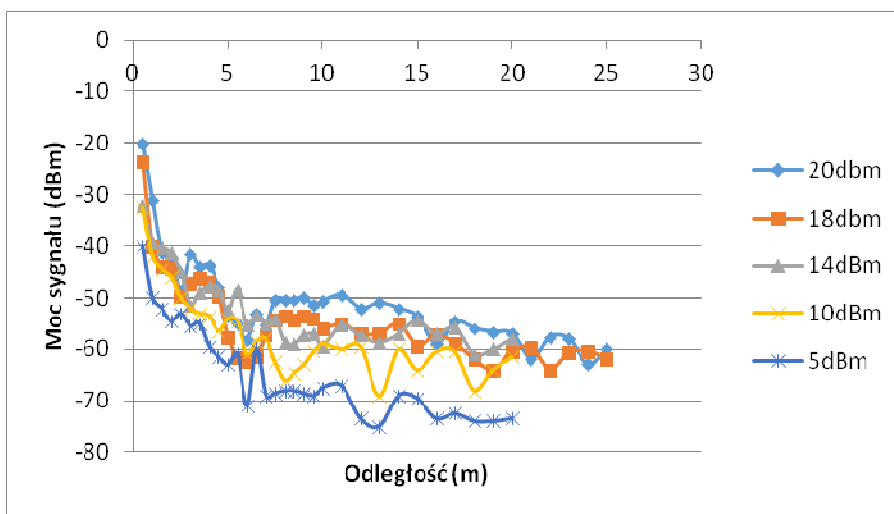
Charakterystyka pomiaru w lokalizacji z przeszkodami - pomiar wykonywany przez pierwsze 10m w odległości co 0,5m oraz co 1m na dalszej części. Każda seria pomiarowa jest wykonywana kilkakrotnie, a z otrzymanych wyników wyliczana jest średnia arytmetyczna. Badania wykonane za pomocą fabrycznych anten. Pomiar wykonywany w pobliżu budynku. (rysunek 1).

Charakterystyka pomiarowa na otwartej przestrzeni - pomiar wykonywany w odległości co 1m. Każda seria pomiarowa jest wykonywana kilkakrotnie, a z otrzymanych wyników wyliczana jest średnia arytmetyczna. Badania wykonane za pomocą fabrycznej anteny. Pomiar wykonywany w lokalizacji bez przeszkód

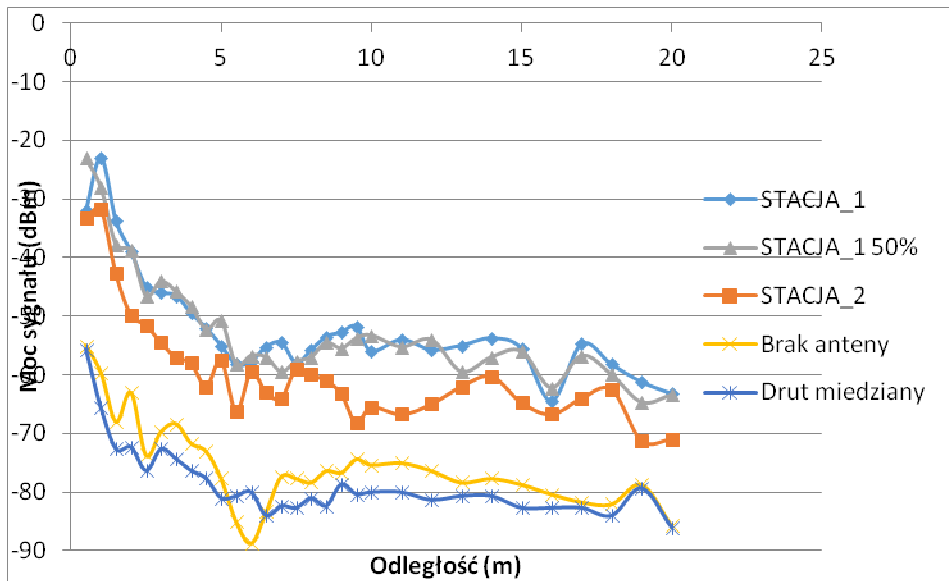


Rys. 2. Szkic lokalizacji w której były wykonywane badania z uwzględnieniem przeszkód

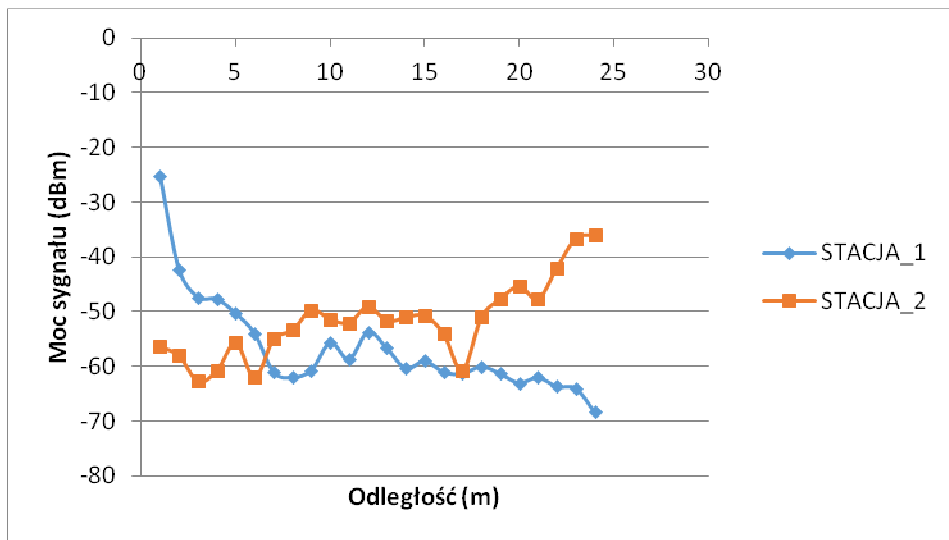
Wyniki pomiarów.



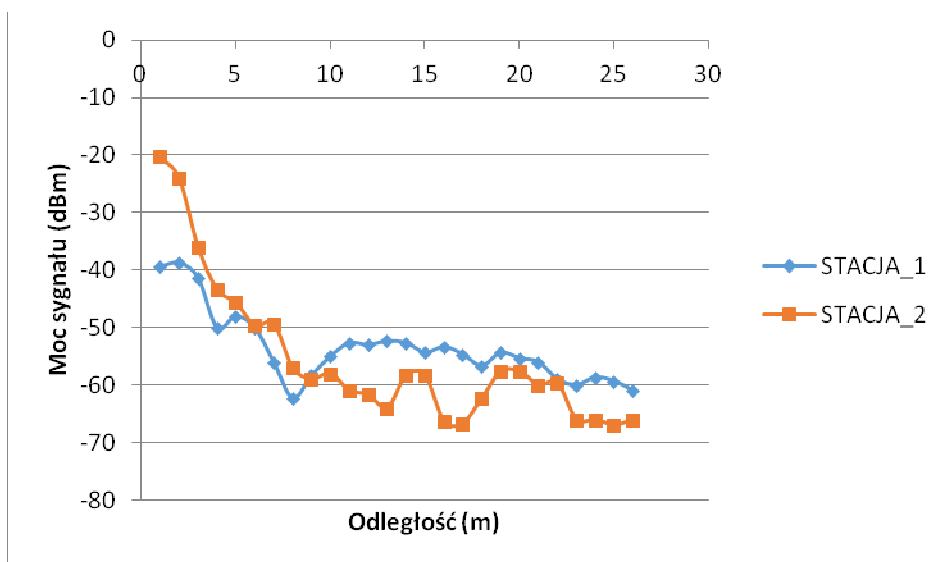
Wykres 1 Regulacja mocy wzmacnienia sygnału przy pomocy konfiguracji OpenWRT



Wykres 2 Zastosowanie prymitywnych anten dipolowych



Wykres 3 Stacje ustawione na przeciwko siebie.



Wykres 4 Zestawienie wyników pomiarowych dla stacji ustawionych na otwartej przestrzeni

Wykresy przedstawiające wyniki badań mają kilka cech wspólnych. Linia świadcząca o sile sygnału w danym miejscu jest bardzo zniekształcona. Oznacza to, że podczas stosowania drugiej z metod lokalizacyjnych, czyli triangulację należy się liczyć z błędami pomiarowymi rzędu 2-10 metrów, a w skrajnych przypadkach nawet 18 metrów. Wszystkie te błędy występują przy założeniu, że pomiar będzie wykonywany na otwartej przestrzeni (wykres 4 – charakterystyka siły sygnału dla pierwszego punktu dostępu). Analizując wykresy stacji umieszczonych w pobliżu przeszkód, sytuacje w których siła sygnału jest jednakowa dla różnych odległości (wykresy 1, 2 i 3) sięgających nawet do 10 metrów, jest jeszcze powszechniejszym zjawiskiem.

Wykres 1 wskazuje, że kształt rysowanej funkcji w zależności od wzmocnienia siły nadajnika, powoduje jedynie obniżenie sygnału odbieranego przez stację klienta. Nie ma on natomiast wpływu na „kształt” charakterystyki wykresu. Niezależnie od tego jaką siłą sygnału stacja klienta zarejestruje, piki na wykresach występują prawie zawsze w tych samych miejscach. Zatem błędy pomiarowe rozpatrywane w poprzednim akapicie występują cyklicznie niezależnie od wzmocnienia sygnału.

Podczas porównywania statystyk dla kilku modeli anten (wykres 2), urządzenie najlepiej współpracuje z dostarczoną anteną fabrycznie. Ciekawą anomalią jest to, że używając tejże anteny przy dwóch

ustawieniach wzmocnienia sygnału, konfigurowanych z poziomu firmware, charakterystyka niemalże nie ulega zmianie. Można więc podejrzewać, że producent nie zdołał zaimplementować tej funkcjonalności, lub że zwyczajnie nie działa. Znacznie większa antena, pochodząca z zestawu stacji marki Pentagram daje słabsze efekty podczas pomiarów.

Przedstawiona na rysunku 1 przeszkoda – budynek – jest zauważalna na wykresie 3. Siła sygnału ulega znacznemu zmniejszeniu w odległości kolejno osiem i siedemnaście metrów od pierwszego z punktów dostępu. Odległości te „zbiegają się” z punktami w jakich znajdują się ściany budynku. Na pozostałych wykresach, dotyczących badań realizowanych w tej samej lokalizacji – sytuacja się powtarza zawsze w odległości około ośmiu metrów od punktu dostępu.

Ostatnią anomalią zaobserwowaną na wykresie 4 jest silny spadek siły sygnału w odległości ośmiu metrów od punktu dostępu marki D-Link. Pomimo wielokrotnych prób, zjawisko to występowało za każdym razem[1][5][6][8].

4 Założenia do części implementacyjnej aplikacji

Podstawowym założeniem jest zaimplementowanie w systemie funkcjonalności lokalizacyjnej. Jej realizacja polega na implementacji systemu opartego o metodę fingerprint. W celu wykonania tegoż założenia, system dodatkowo jest wyposażony w mechanizm tworzenia mapy lokalizacji. Składa się ona z pojedynczych elementów fingerprint (dalej nazywanych kluczami) odpowiadających segmentom mapowanej lokalizacji.

Użytkownik aplikacji ma możliwość wczytania mapy, będącej w formacie grafiki rastrowej. Obraz pochodzi z galerii przechowywanych obrazów w pamięci urządzenia. Rozmiar zarówno jak i skala grafiki nie stanowi przeszkody.

W celu dostosowania dokładności pomiarowej do skali i rozmiaru mapowanej przestrzeni, system dodatkowo umożliwia zmianę rozmiaru mierzonego segmentu.

System ma możliwość zapisywania danych do pliku i odtwarzania ich także na innej instancji aplikacji.

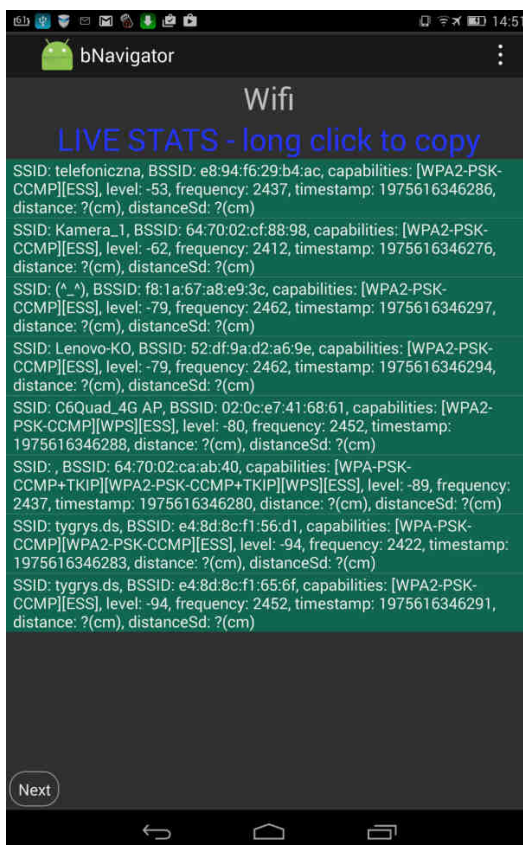
Konfiguracja aplikacji umożliwia określenie czasu skanowania oraz stworzenie listy, która przechowuje identyfikatory urządzeń typu Access Point. Lista ta jest rozpatrywana, jako lista dopuszczonych urządzeń do pomiaru. Mechanizm ten zapobiega tworzeniu kluczy z przypisanymi wartościami urządzeń, które mogą zmieniać w przyszłości pozycję lub być nieaktywne.

Dodatkowo aplikacja wyświetla odświeżane na bieżąco statystyki ze skanowanych sieci. W ten sposób ułatwia tworzenie list dozwolonych urządzeń.

5 Opis interfejsu użytkownika

Interfejs użytkownika został podzielony na trzy główne widoki. Został opracowany tak, aby w łatwy i intuicyjny sposób dać użytkownikowi możliwość do skorzystania ze wszystkich funkcjonalności systemu. W trakcie korzystania z aplikacji, można natrafić na dodatkowe powiadomienia typu toast, pomagające uniknąć błędów pomiarowych.

Okno główne składa się z górnej belki, zawierającej nazwę aplikacji oraz przycisku przenoszącego nas do ustawień aplikacji. Po kliknięciu na ikonę przedstawiającą trzy kropki, rozwijana jest lista z której można wybrać ustawienia aplikacji.



Rys. 3. Okno główne aplikacji, prezentujące statystyki

Na głównym planie ekranu widoczna jest lista wykrytych w pobliży sieci bezprzewodowych wraz z dotyczącymi ich statystykami. Lista jest na bieżąco uzupełniana o nowo odkryte pozycje. Dłuższe przytrzymanie jednego z elementów listy powoduje skopiowanie identyfikatora sieci do schowka. Można go następnie wykorzystać przy tworzeniu listy zatwierdzonych stacji bazowych, która ma miejsce w ustawieniach aplikacji. Skopiowanie wyniku do pamięci jest sygnalizowane przez powiadomienie typu toast na spodzie ekranu.

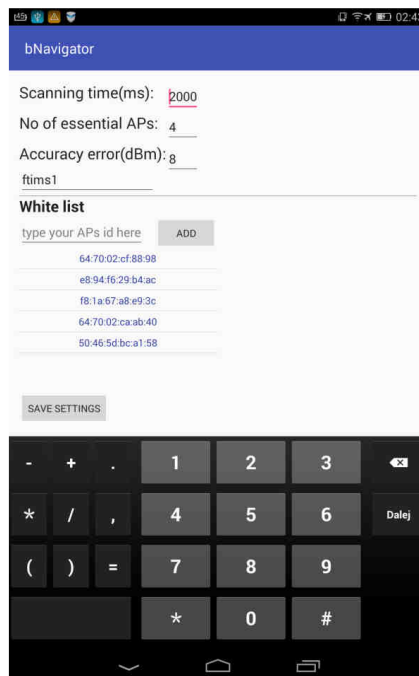
W lewym, dolnym rogu ekranu usytuowany jest przycisk przenoszący do widoku odpowiedzialnego za mapowanie przestrzeni i wyświetlanie aktualnej pozycji.

Okno konfiguracyjne zostało przedstawione na rysunku 1. Podobnie jak we wszystkich oknach, na górnej ekranu widoczna jest belka, prezentująca nazwę aplikacji. W oknie tym użytkownik ma możliwość wprowadzenia takich parametrów jak:

czasu pojedynczego skanowania - wyrażony w milisekundach.

Ilość wymaganych punktów dostępu – punkty pochodzą z listy wyświetlanej poniżej

Dopuszczalny błąd pomiarowy – jednostką jest 1dBm. Wartość ustawiana większa, gdy stacje znajdują się bardzo blisko od skanowanej lokalizacji



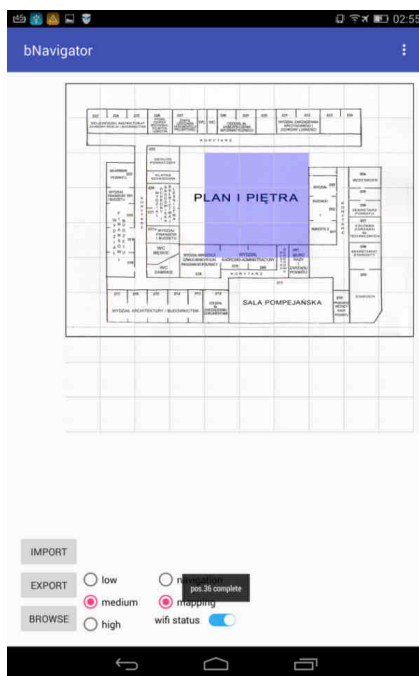
Rys. 4. Okno konfiguracji aplikacji

Nazwa pakietu znajdująca się pod opisanymi parametrami jest w istocie nazwą katalogu do którego zostanie zapisana mapa kluczy w formacie pliku tekstowego. Po wgraniu nowej mapy do pamięci urządzenia istotną czynnością jest uzupełnienie nazwy katalogu w którym się znajduje.

Lista stacji bazowych jest uzupełniana poprzez wprowadzenie identyfikatora BSSID. W przypadku gdy wprowadzona wartość nie jest poprawna – wyświetlany jest komunikat o braku spełnienia reguły walidacyjnej. Łatwiejszym wariantem wprowadzenia danych do tego pola jest wklejenie zawartości schowka. Użytkownik może to zrealizować poprzez przytrzymanie tegoż pola i wybranie z menu kontekstowego opcji "wklej".

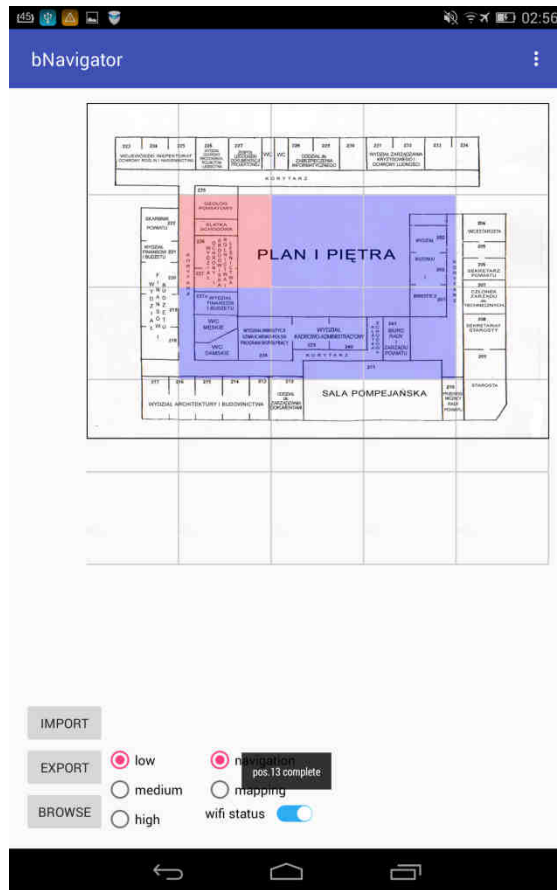
W dolnej części ekranu widoczny jest przycisk odpowiedzialny za zapisanie preferencji. Funkcjonalność po wywołaniu wyświetla komunikat w formie powiadomienia.

Okno odpowiadające za wizualizowanie mapy i pozycji użytkownika zostało przedstawione na rysunku 2. Podobnie jak główny widok aplikacji, pozwala ono na szybkie przejście do konfiguracji aplikacji. Widok jest zawsze prezentowany w postaci wertykalnej w celu poprawienia widoczności całego zasobu przycisków i pól dostępnych na nim.



Rys. 5. Okno mapowania z ustawioną średnią dokładnością pomiaru

W centralnej części okna jest miejsce przeznaczone na mapę terenu, po którym się porusza użytkownik. Domyślnie jest ono puste. Na jego powierzchni widoczna natomiast jest tabela. Każda jej komórka odpowiada sektorowi mapy znajdującemu się pod spodem. Użytkownik w trybie mapowania przestrzeni, dotykając do wybranego sektora, wskazuje że się w nim aktualnie znajduje. Następnym dotknięciem sektora jest skanowanie i zapisanie wyników, zakończone informacją - standardowym powiadomieniem typu toast. Miejsca w których dokonane było skanowanie podświetlają się na niebiesko. Miejsca w którym się znajdujemy – dostępne w trybie nawigacji – na czerwono (rysunek 3).



Rys. 6. Okno nawigacyjne z ustawioną małą dokładnością pomiaru

W dolnej części ekranu widoczny jest zestaw przycisków i radiobuttonów i włącznika odbiornika wifi w urządzeniu. Przyciski umożliwiają wyeksportowanie i zaimportowanie wcześniej utworzonych pomiarów oraz wczytanie mapy rastrowej. Mapę wybiera się poprzez

wbudowany w system, komponent do przeglądania galerii. Pliki przechowujące odczyty są przechowywane w katalogu o nazwie wskazanej w oknie ustawień. W ich skład wchodzi trzy pliki tekstowe – low.txt, medium.txt, high.txt. Ich nazwy odpowiadają rozmiarom przechowywanej struktury. Przełączniki typu radio służą do zmiany trybu aplikacji (mapowanie/nawigacja) i zmiany dokładności pomiarowej. Zmiana ta powoduje zmianę rozmiaru sektora, zauważalną na opisywanej już tabeli.

Widok ten domyślnie uruchamiany jest w trybie mapowania.

6 Wykorzystanie aplikacji w praktyce

W celu przetestowania aplikacji w środowisku naturalnym, wykonana została testowa mapa terenu, jakim są korytarze Instytutu Informatyki wydziału FTIMS Politechniki Łódzkiej (III piętro, budynek b9 – Łódź, ul. Wólczańska 215). Ponieważ dokładne wymiary nie mają w metodzie fingerprint większego znaczenia, a istotnym jest jedynie punkt odniesienia w którym miejscu należy wykonać ponowny pomiar, utworzone zostały wystarczające do sporządzenia mapy kluczy - szkice lokalizacji. Lista stacji bazowych (służących do określania klucza przypisywanego do danego fragmentu mapy), wygenerowana została z punktów dostępu wchodzących w skład trzech głównych - dostępnych w dobrej jakości sygnału - sieci bezprzewodowych o identyfikatorach SSID: ftims, eduroam i oiz_guest.

Tabela. 1. Lista punktów dostępu, wykorzystanych podczas mapowania korytarza Instytutu Informatyki wydziału FTIMS Politechniki Łódzkiej

SSID	BSSID (adres MAC stacji)
eduroam	34:db:fd:e1:4b:f0
eduroam	f0:7f:06:4e:06:e0
eduroam	f0:7f:06:4d:ff:90
eduroam	00:26:99:71:4b:80
eduroam	f0:7f:06:65:5d:d0
eduroam	f0:7f:06:4e:06:20
ftims	f0:7f:06:4e:06:e1
ftims	f0:7f:06:4d:ff:91
ftims	f0:7f:06:65:5d:d1
ftims	f0:7f:06:4e:06:21
oiz_guest	34:db:fd:e1:4b:f1

Mapa sygnałów wykonana została przy konfiguracji aplikacji ustawionej na średnią jakość pomiaru, wymagane 4 stacji bazowych z

listy zatwierdzonych punktów dostępu (patrz tabela 1) oraz tolerancje błędu pomiaru równą 5dBm.

Aplikacja wskazuje poprawne lokalizacje, ale zdarzają się odstępstwa od reguły. Podyktowane jest to dużą odległością od stacji bazowych. W tej sytuacji ustawiona tolerancja błędu wydaje się być zbyt wysoka. Wygenerowane klucze dla różnych sektorów na mapie, posiadają czasami zbliżone wartości. Podczas porównywania ich z wygenerowanym kluczem dla aktualnej pozycji urządzenia wydają się być jednakowe po uwzględnieniu błędu. Stosując mniejszy błąd zdarza się sytuacja w której aplikacja nie wskaże lokalizacji.

7 Wnioski

Zgodnie z przewidywaniami wykonując serię badań w różnorodnym środowisku daje się zaobserwować fakt, że medium jakim są fale radiowe, jest bardzo podatne na zakłócenia. W związku z tym metoda polegająca na triangulacji jest narażona na duże szanse niepowodzenia. Jej plusem w stosunku do zastosowanej metody natomiast jest to, że zawsze jest w stanie wskazać lokalizację (niekoniecznie poprawną). Zaimplementowana metoda fingerprint w przypadku silnych zakłóceń, które nie występowały podczas tworzenia mapy lokalizacji, nie jest w stanie poprawnie wskazać miejsca położenia.

W celu poprawienia dokładności lokalizacji zaimplementowanej metody, można obniżyć współczynnik dopuszczalnego błędu pomiarowego. Kosztem tego będzie większe prawdopodobieństwo, że aplikacja może w ogóle nie wskazać naszej lokalizacji. Im współczynnik ten będzie natomiast większy, tym większe jest prawdopodobieństwo wskazania lokalizacji, ale należy się liczyć z tym, że może ona być oddalona od faktycznego miejsca położenia urządzenia.

Mechanizm listy dozwolonych punktów dostępu znacznie poprawił działanie systemu. Posiadając minimum trzy stacje w zasięgu, system jest w stanie z większym prawdopodobieństwem wskazać pozycję urządzenia. Lista dozwolonych stacji jest także zabezpieczeniem przed sytuacją, gdy podczas mapowania uwzględnione mogą być urządzenia mobilne w trybie teatheringu (przenośny punkt dostępu). Jedynym odstępstwem od zasady jest sytuacja w której jedna ze stacji bazowych zostaje uszkodzona (zmiana charakterystyki siły sygnału). W tym przypadku, jeżeli stacja ta znajduje się podczas skanowania na liście najlepiej dostępnych stacji – będzie powodować wtedy zakłamania i w efekcie system nie wskaże poprawnej lokalizacji.

8 Literatura

- [1] Błoński Ł., *Aplikacja lokalizacyjna dla systemu Android w oparciu o standard 802.11*, Łódź 2016 praca inżynierska Politechnika Łódzka w.FTIMS
- [2] Gast Matthew, *802.11® Wireless Networks: The Definitive Guide* Wyd. O'Reilly, 2002.
- [3] Gow Gordon A., Smith Richard K., *Mobile and wireless communications: an introduction*, Wyd. OZ Graf S.A., 2006.
- [4] Henniges R., *Current approaches of Wifi Positioning*, TU-Berlin, 2012.
- [5] IEEE Standard Association IEEE Std 802.11n™-2009 - IEEE, 2009.
- [6] IEEE Standard Association IEEE Std 802.11™-2012 - IEEE, 2012.
- [7] Manh V. Le Hung, Saragas D., Webb N., *Indoor Navigation System for Handheld Devices*, 2009.
- [8] Roshan P. Leary J., *Bezprzewodowe sieci Lan 802.11 - podstawy* MIKOM, 2004.
- [9] Ross J., *Sieci Bezprzewodowe. Przewodnik po sieciach WI-FI i szerokopasmowych sieciach bezprzewodowych*, Helion, 2009.
- [10] Tanenbaum Andrew S. Wetheral David J., *Sieci Komputerowe - wydanie V* - Helion, 2012.
- [11] TP-Link.com Specyfikacja [Online]// TP-Link. - 30 1 2016. - http://www.tp-link.com.pl/products/details/cat-9_TL-WR841N.html#specifications.
- [12] Wildpackets.com 802.11 WLAN Packets and Protocols [Online]. - 30 1 2016. – http://www.wildpackets.com/resources/compendium/wireless_lan/wlan_packets.

LOCATION USING RSSI SIGNAL IN 802.11 NETWORK

Summary – The article describes methods of location using the RSSI signal of the radio network 802.11. Also presented the results of measurements carried out and the operation of authors' application method using fingerprint.

Keywords: location, 802.11, fingerprint, wi-fi