

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

Warszawa, 2 października 2017 r.

D z i e k a n a t

Uprzejmie informuję, że na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej odbędzie się w dniu 19 października 2017 r. publiczna obrona rozprawy doktorskiej

mgr inż. Stanisława Rzewuskiego

temat: „ Passive target detection and localization using low power WIFI transmitters as illuminators

promotor – prof. dr hab. inż. Krzysztof Kulpa z Politechniki Warszawskiej

recenzenci:

prof. Fabrizio Berizzi z University of Pisa Włochy

dr hab. inż. Ewa Świercz, prof. Politechniki Białostockiej

Obrona odbędzie się w dniu 19 października 2017 r. w sali 116 na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych – Gmach im. Janusza Groszkowskiego, Warszawa, ul. Nowowiejska 15/19; początek godz. 10.00.

Po adresem: www.elka.pw.edu.pl/Wydzial/Rada-Wydzialu/Harmonogram-obron-doktorskich-streszczenia-i-recenzje zapewniony jest na stronie Wydziału dostęp do tekstów streszczenia rozprawy i recenzji, jak również do tekstu rozprawy umieszczonej w Bazie Wiedzy Politechniki Warszawskiej.

Dziekan



prof. dr hab. inż. Krzysztof Zaremba

Rodzaj Pracy: rozprawa doktorska

Mgr inż. Stanisław Rzewuski

Tytuł rozprawy: "Passive target detection and localization using low power WIFI transmitters as illuminators"

Promotor- prof. dr hab. inż. Krzysztof Kulpa

Streszczenie

Radary pasywne używają zewnętrznych istniejących źródeł sygnałów oświetlających scenę radarową i przetwarzają nadawane przez nie sygnały by wykryć i zlokalizować cele. W ostatnich latach radary pasywne przechodzą renesans wraz z wrastającą liczbą systemów potencjalnie mogących być użytych, jako źródła sygnału oświetlającego w ciągu ostatnich dekad (GSM, migracja z telewizji analogowej do DVB-T, popularyzacja sieci WIFI, DM DAB, WIMAX). Innymi powodami stymulującymi wzrost zainteresowania radiolokacją pasywną jest wzrost powszechnie dostępnej mocy obliczeniowej i dostępność procesorów Sygnałowych (DSP), Procesorów Graficznych (GPU) i jakości oraz dostępności Analogowo-Cyfrowych konwerterów (ADC/DAC) W tej pracy autor skupia się na systemie radiolokacji pasywnej wykorzystujących nadajniki niskiej mocy sieci WIFI. Autor przeprowadził eksperymenty potwierdzający przydatność radarów pasywnych pracujących z oświetleniem sieci WiFi i przeprowadził analizę możliwości wykrywania i lokalizacji różnych obiektów ruchomych. W radiolokacji pasywnej obiekt jest wykrywany na podstawie analiz funkcji niejednoznaczności (Crossambiguity function) W zależności od źródła pochodzenia sygnału oświetlającego (GSM, DVB-T, WIFI, etc.) funkcja niejednoznaczności ma inny charakter, kształt i własności. W sieci WiFi transmisja odbywa się pakietowo i własności funkcji niejednoznaczności zależy, jak wykazała autor w swoich badaniach od gęstości ruchu. Innym bardzo ważnym aspektem analizowanym przez autora była analiza metod wpływania na natężenie ruchu w oświetlających scenę radarową sieciach WIFI, ponieważ wzrost ruchu wpływa na współczynnik wypełnienia a zatem na moc średnią emitowaną przez węzły WIFI. Autor dokonał kilku eksperymentów z węzłami sieci WIFI (oświetlaczami) rozmieszczonych w konfiguracji multistatycznej. Dodatkowym wkładem autora było wykonanie zestawu eksperymentów skoncentrowanych na wykryciu różnych typów celów w zmiennych konfiguracjach przestrzennych oświetlaczy. W wyniku prowadzonych prac powstał demonstrator radaru pasywnego nazwany WIFIRAD – radar pasywny bazujący na sygnałach niskiej mocy z niewspółpracujących nadajników sieci WIFI czasu nierzeczywistego. W tej pracy zostało pokazane, że WIFIRAD może wykryć takie cele jak samochody poruszające się na parkingu, niewielkie samoloty kołujące po pasie startowym, spacerujący ludzie i małych rozmiarów zdalnie sterowany cztero-wirnikowiec latający nad łąką.

Białystok, 28 sierpnia 2017 r.

Dr hab. inż. Ewa Świercz
Katedra Telekomunikacji i Aparatury Elektronicznej
Wydział Elektryczny Politechniki Białostockiej
ul. Wiejska 45D, 15-351 Białystok

*RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I
TECHNIK INFORMACYJNYCH POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ*

(Zlecenie na podstawie Uchwały Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej z dnia 27 czerwca 2017 r.)

Tytuł rozprawy

„Passive Target Detection and Localization Using Low Power WiFi Transmitters as Illuminators”

Autor rozprawy

Stanisław Rzewuski

- 1. Jakie zagadnienia naukowe jest rozpatrzone w pracy/teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Teza pracy:

It is possible to build a passive radar that will use low power, non-cooperative, WiFi transmitters as a source of illumination.

It is possible to increase radar coverage and impact the crossambiguity function from a target detection point of view by increasing traffic in the WiFi networks used by the radar as a source of illumination.

Celem rozprawy doktorskiej jest udowodnienie, że możliwa jest budowa radaru pasywnego wykorzystującego niekooperujące, o niskiej mocy nadajniki oświetlające obiekt, zlokalizowane w sieci WiFi oraz wykazanie, że zwiększenie ruchu w sieciach WiFi poprawia możliwości detekcyjne radaru na znacznie większym obszarze.

Zdaniem recenzenta, cel główny rozprawy został przedstawiony wystarczająco jasno i precyzyjnie. Recenzowana rozprawa doktorska stanowi więc próbę rozwiązania poprawnie sformułowanego zagadnienia naukowego, a wybrane przez Doktoranta metody realizacji celu pracy są właściwe i charakteryzują się odpowiednim poziomem zaawansowania.

Zaproponowane rozwiązanie umożliwiło Doktorantowi skonstruowanie „modelu” radaru pasywnego, który wykorzystano eksperymentalnie do śledzenia położenia i prędkości obiektów takich jak poruszający się samochód, poruszający się człowiek, kołujący i startujący

samolot, mały latający dron. Praca ma więc charakter teoretyczno-doświadczalny. Na uwagę zasługuje również fakt, że rozprawa doktorska jest napisana w języku angielskim, co pozwala na przedstawienie osiągnięć Doktoranta znacznie szerszemu gronu odbiorców.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł/ w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle/ świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Podrozdział 1.3 rozprawy doktorskiej zatytułowany *Literature Overview* jest omówieniem pozycji zamieszczonych w bibliografii, dotyczących bezpośrednio tematyki radarów pasywnych z sieciami WiFi jako iluminatorami. Doktorant informuje, że w dostępnych publicznie bazach danych do końca 2016 r. znanych było 30 publikacji z tematyki radarów pasywnych z sieciami WiFi, ale nie wszystkie problemy wskazane w tych 30 publikacjach zostały efektywnie rozwiązane. Badania, wyniki których zamieszczono w publikacjach, prowadzone były w uproszczonych warunkach, niejednokrotnie odbiegających od rzeczywistego środowiska pracy sieci WiFi lub nie uwzględniały niektórych czynników. Recenzent przeglądając bazę IEEE Xplore znalazł kilkanaście pozycji literaturowych, które nie zostały uwzględnione przez Doktoranta. Pozycje wymienione przez Doktoranta stanowią jednak najbardziej reprezentatywny przegląd stanu wiedzy na temat zagadnień związanych z radarami pasywnymi z sieciami WiFi jako iluminatorami. Wnioski wypływające z tych publikacji zostały przedstawione poprawnie. Doktorant wskazuje wiodące ośrodki naukowe realizujące tematykę radarów pasywnych z sieciami WiFi i przytacza przykłady projektów możliwych do praktycznego wykorzystania takiego systemu radarowego np. do ochrony portów lotniczych przed niebezpiecznymi substancjami (na przykład włoski projekt ATOM).

W rozdziale 7 rozprawy doktorskiej *Historical review of the passive radar systems and its classification* Doktorant przedstawił historyczne i współczesne światowe rozwiązania radarów pasywnych z nadajnikami wykorzystującymi inne niż WiFi sygnały oświetlające, między innymi sygnały DVB-T, DAB-T, sygnały radiowe FM, sygnały telefonii komórkowej, fale elektromagnetyczne generowane przez inne urządzenia radioelektroniczne, cytując zamieszczone w bibliografii odpowiednie pozycje. W rozdziale tym zostały również wyszczególnione zalety i wady radarów pasywnych.

Przedstawiona analiza tych publikacji potwierdza, że Doktorant wykazuje się dobrą znajomością stanu wiedzy w podjętej problematyce badawczej oraz swobodnie korzysta z dorobku innych badaczy. Wybór pozycji bibliograficznych jest adekwatny do zakresu tematycznego recenzowanej rozprawy.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Cele rozprawy doktorskiej zostały osiągnięte. Autor przedstawił w rozprawie specyfikę transmisji pakietowej w sieciach WiFi, przedstawił również możliwości detekcji pakietów i demodulacji sygnałów w pakietach. Doktorant przeanalizował teoretycznie sposoby generacji ruchu i dodatkowego zwiększenia ruchu w sieciach z mechanizmami kontroli dostępu do sieci lub bez tej kontroli, z pakietami zarówno szyfrowanymi, jak i nieszyfrowanymi. Wyniki badań laboratoryjnych pokazały możliwości wykorzystania sieci WiFi jako źródła oświetlenia obiektów radarowych. Autorskie propozycje sposobów zwiększenia ruchu w sieciach (atak DEAUTH) oceniane przez parametr o nazwie *współczynnik wypełnienia* (ang. *duty factor*)

pokazały zarówno znaczącą poprawę własności detekcyjnych funkcji nieoznaczoności wzajemnej CAF (ang. *crossambiguity function*), jak i zwiększenie obszaru pokrycia przez radar.

Doktorant wybrał właściwy, zaawansowany aparat przetwarzania sygnałów do odebranych pakietów sygnałowych oraz do usuwania silnych niepożądanych ech maskujących słabe echa użyteczne, wykorzystując metodę CLEAN i rozbudowany filtr kratowy. Filtr kratowy pozwala na ortogonalizację bazy sygnałowej i usunięcie sygnału bezpośredniego i ech sygnałów od obiektów stacjonarnych. W metodzie CLEAN w sposób iteracyjny są usuwane niepożądane echa sygnałowe poprzez korelację z sygnałem odniesienia. Otrzymane wyniki pokazane na funkcji CAF świadczą jednoznacznie o poprawności przyjętych założeń i poprawności realizacji całego zagadnienia.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Jako oryginalne osiągnięcia własne, zaprezentowane w rozprawie, Autor wskazuje możliwości użycia wielopunktowej sieci WiFi generującej sygnały o niskiej mocy, pozwalającej na budowę radaru pasywnego w rozbudowanej geometrii multistatycznej.

Sieć WiFi z wieloma punktami dostępu, z transmisją pakietową realizuje złożony proces transmisji, z koniecznością ustalenia źródła pakietu, z potrzebą procesu demodulacji, dekodowania pakietu oraz sortowania pakietów na podstawie adresów MAC. Autor opracował teoretyczne aspekty zestawienia wielopunktowej sieci WiFi do celów oświetlenia obiektów.

W związku z pakietową transmisją w sieci, szczególnego znaczenia nabiera *współczynnik wypełnienia*, który jest stosunkiem czasu aktywnej transmisji do całkowitego czasu integracji. Doktorant przeanalizował wpływ wartości *współczynnika wypełnienia* na właściwości funkcji CAF wskazując na wzrastające wyostrzanie piku lokalizacji obiektu ze wzrostem wartości tego współczynnika. Wzrost wartości *współczynnika wypełnienia* zwiększa również zakres obszaru wykrywalności obiektów przez radar pasywny. Doktorant określił granicę dopuszczalnego wzrostu i pokazał, że zwiększenie wartości *współczynnika wypełnienia* można osiągnąć generując dodatkowy ruch w sieci (np. atak DEAUTH) zachowując stały czas integracji.

Radary pasywne z sieciami WiFi są tematyką nową. W dostępnych źródłach można znaleźć informacje, że w konfiguracji multistatycznej wcześniejszych rozwiązań radarów WiFi, sieci zawierały tylko jeden węzeł, który emitował głównie jedną ramkę zarządzającą typu *bacon*, a system odbiorczy składał się z szeregu czujników odbiorczych. W Zespole Technik Radiolokacyjnych (autorzy Stanisław Rzewuski, Maciej Wielgo, Krzysztof Kulpa) powstał system radaru pasywnego WIFIRAD, który zawiera oryginalne opracowanie odbiornika z możliwością dekodowania ramek i separacji strumienia danych generowanych przez poszczególne węzły sieci. System WIFIRAD powstał przy udziale Doktoranta, którego praca w istotny sposób pogłębiła wiedzę na temat teoretycznych i praktycznych możliwości sieci WiFi jako źródła oświetlenia w geometrii multistatycznej.

Eksperymenty wykonane w środowisku naturalnym z wykorzystaniem radaru WIFIRAD pokazały, że możliwe jest wykrycie samochodów w ruchu ulicznym, wykrycie kołujących

samolotów na pasie startowym, poruszających się ludzi, czy małych dronów.

Podzielim zdanie Autora, że wyżej wymienione elementy stanowią jego najważniejsze, oryginalne osiągnięcia. Można więc stwierdzić, że w recenzowanej rozprawie Doktorant podjął aktualny, niebanalny z poznawczego punktu widzenia problem badawczy, który potencjalnie ma istotne znaczenie praktyczne.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Zdaniem recenzenta, przyjęty przez Doktoranta układ treści rozprawy zawierający: Streszczenie w języku angielskim i polskim, Listę Skrótów, Listę Symboli, Spis Treści, sześć rozdziałów, dwa Dodatki i Bibliografię, jest wystarczająco jasny.

W rozdziale 1, który jest wprowadzeniem, została podana teza pracy, zostały wyszczególnione zagadnienia badawcze zrealizowane przez Doktoranta oraz został zamieszczony krótki przegląd literatury światowej związanej bezpośrednio z tematyką rozprawy doktorskiej. Pozwala to na wstępne porównanie autorskich koncepcji Doktoranta z dorobkiem innych badaczy.

Rozdział 2 zawiera algorytmy przetwarzania sygnałów w radarach pasywnych uzupełnione rysunkami przedstawiającymi wyniki doświadczeń wykonanych z udziałem doktoranta w środowisku rzeczywistych sygnałów radarowych.

W rozdziale 3 Autor przedstawił strukturę radaru pasywnego WIFIRAD, omawiając złożoność transmisji pakietowej sygnałów w systemie z sieciami WiFi. Sieci WiFi pracują zgodnie ze standardem IEEE 802.11 a/b/g/n/ac, natomiast w rozprawie wykorzystano tylko standard IEEE 802.11 b/g, ponieważ system WIFIRAD został zaprojektowany tylko do warunków tego standardu.

W rozdziale 4 Autor przedstawił wpływ ruchu w sieciach WiFi na jakość zobrazowania radaru WIFIRAD. Autor opisał sposoby pobudzenia sieci i metody dodatkowego zwiększenia ruchu w celu poprawy oświetlenia lokalizowanego obiektu. Autor wybrał atak DEAUTH jako najlepszą metodę na zwiększenie ruchu w sieci i opisał autorskie eksperymenty potwierdzające słuszność przyjętego wyboru.

Rozdział 5 to obszerny raport z wykonanych badań. W rozdziale tym zostały przedstawione badania z wykorzystaniem systemu WIFIRAD w geometrii radaru monostatycznego, jak i multistatycznego, w detekcji obiektów o różnym kształcie i o różnych prędkościach.

Rozdział 6 stanowi swego rodzaju podsumowanie, w którym Doktorant obszernie omawia własne dokonania i przedstawia scenariusz przyszłych badań.

W Dodatku 1 przedstawiono historię rozwiązań radarów pasywnych, co pozwala na umieszczenie dokonań Doktoranta na tle dotychczasowych rozwiązań. Recenzent nie bardzo rozumie dlaczego Dodatek 1 jest jednocześnie rozdziałem 7 rozprawy.

W Dodatku 2 Doktorant przedstawił tytuły 15 publikacji współautorskich, z których 8 dotyczy bezpośrednio tematyki rozprawy doktorskiej, a pozostałe są związane z inną

tematyką radarową. Recenzent jest przeciwnikiem zamieszczania pozycji będących w trakcie recenzji. W Dodatku 2 dwie pozycje, to pozycje jeszcze nieopublikowane.

Autor wykazał dobrą umiejętność przedstawiania wyników badań naukowych, a także odpowiednią umiejętność prowadzenia dyskusji przyjętych założeń, wybranych metod oraz uzyskanych rezultatów badawczych.

Niestety strona edytorska rozprawy nie jest opracowana starannie:

- W Bibliografii nie jest dochowana staranność w zachowaniu jednolitej formy opisu pozycji bibliograficznych (nazwisko autora, tytuł pracy, nazwa czasopisma, rocznik, numer, numery stron, itp.).
- Generalnie brak jest odniesienia do źródeł, gdzie po raz pierwszy ukazały się rysunki zamieszczone również i w rozprawie.
- Rozprawa doktorska jest napisana w języku angielskim i konstrukcja wielu zdań utrudnia zrozumienie myśli, którą chciał przekazać Autor.

Ogólna ocena, zarówno merytorycznego poziomu, jak i sposobu prezentacji przez Doktoranta własnych dokonań, jest jednoznacznie pozytywna, przy dodatkowych uwagach krytycznych, sformułowanych w następnym rozdziale recenzji.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej wady?

Autor nie ustrzegł się niedopowiedzeń i uproszczeń oraz błędów redakcyjnych, które wymieniam poniżej.

Str. 26 - Błędne odniesienie do literatury w pierwszym akapicie od góry - *This gives us the following equation [80]*, a powinno być odniesienie do pozycji [71].

Str. 33 - Autor przytacza wzór 2.26 z komentarzem, że sygnał odebrany X_r nie zawiera echa od obiektów poruszających się. Jednym ze składników wzoru 2.26 jest składnik szumowy ξ , który zgodnie z opisem w tabeli może zawierać echa od obiektów poruszających się. Tak więc zgodnie z równaniem 2.26 i sygnał X_r zawiera również echa od obiektów poruszających się.

Str. 34 - Na tej stronie są błędnie zapisane numery wzorów np. *However solving 2.22*, a powinno być *However solving 2.31*. Podobnie jest w ostatnim akapicie rozpoczynającym się od frazy *Signal 2.24*, która powinna rozpoczynać się od *Signal 2.33*.

Str. 36 - W pozycji [81] nie ma wzorów 2.34 i 2.35.

Str. 37 - We wzorze 2.36 służącym do obliczenia współczynników filtru kratowego K_i pojawiają się nad symbolami daszki, które nie wiadomo co mają oznaczać. Błąd predykcji w przód - x_f w liczniku wzoru 2.36 jest z daszką, podczas gdy ten sam błąd predykcji w przód w mianowniku wzoru 2.36 jest bez daszki. Bez daszki są też błędy predykcji wstecz, czyli x_b . We wzorach 2.32 i 2.33 symbole z daszką oznaczały estymaty wielkości. We wzorze 2.36 brak jest konsekwencji w oznaczeniach. We wzorze 2.38 użyto jeszcze jednego znaku - gwiazdki przy symbolu h_i . Zazwyczaj gwiazdka oznacza sprzężenie liczby zespolonej, ale tego Doktorant nie wyjaśnił. Recenzent ma pewność, że wzór 2.38 nie jest autorstwa Doktoranta, dlatego też powinno być podane źródło pochodzenia tego wzoru. Bardzo proszę o wyjaśnienie wzoru 2.36 i analizę wzoru 2.38 podczas obrony rozprawy doktorskiej.

Str. 43-45 - We wzorach 2.40-2.43 współrzędna wektora x_i i sam wektor x_i są pisane tą samą czcionką, co wprowadza chaos we wzorach np. we wzorze 2.40 $R_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} = \|x_i\|$. We wzorze 2.42 powinno być R_{ii} , we wzorze 2.43 powinno być R_{bi} . We wzorach 2.44-2.48 występują wektory oznaczone kreską poziomą nad symbolem wektora. Natomiast tej notacji nie ma w następnych wzorach z wektorami i macierzami. Symbol S w równaniu 2.49 Autor nazywa wektorem podczas gdy jest to macierz. Wektorem jest istotnie tylko wielkość z.

To make the situation clearer let's define vectors S and z:

$$S = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_N & y_N & z_N \end{bmatrix} \quad 2.49$$

$$z = \begin{bmatrix} x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - R_1^2 \\ x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 - R_2^2 \\ \vdots \\ x_N^2 + y_N^2 + z_N^2 - R_N^2 \end{bmatrix} \quad 2.50$$

W zdaniu - *In vector equation (2.51) the unknowns are x_i and R_i (they are linear)* Doktorant niewłaściwie użył frazy (*they are linear*). Równanie 2.51 jest liniowe względem zmiennej x_i jak również względem R_i . Wszystkie wzory włącznie do wzoru 2.57 mają niedokładne oznaczenia. Autor nie stosuje konsekwentnie notacji wektora. Autor oparł swój opis na pozycji [72] i dopiero porównanie z treścią tej pozycji pozwoliło recenzentowi na właściwe odniesienie się do wzorów. Generalnie podrozdział 2.4 pt. *Localization in passive bistatic radar – change of the Elliptical coordinates to Cartesian coordinates* obejmujący strony 42-46 jest najslabiej edytorsko opracowanym rozdziałem rozprawy doktorskiej.

Str. 47 - Rozdział trzeci - *WIFIRAD – Passive radar based on WiFi networks* obejmuje strony 47-67. W rozdziale tym zawarta jest bardzo ważna i dobrze przedstawiona koncepcja radarów pasywnych z sieciami WiFi. Jest to obszerna tematyka, a Doktorant jest współautorem kilku artykułów z tej tematyki [6, 46, 69]. W artykułach pojawiają się rysunki, które są takie same jak w artykułach. Na przykład Rys. 23 w rozprawie doktorskiej jest taki sam jak Rys. 5 w pozycji [6]. Należało podać w rozprawie doktorskiej źródło pochodzenia wspólnych rysunków.

Str. 59 - W ostatnim akapicie we frazie *The ambiguity function is* zdaniem recenzenta powinna być funkcja *crossambiguity function*.

Str. 60 - Na tej stronie wzór 3.4 definiuje model transmisji pakietowej z binarną sekwencją losową a_n . Doktorant niezbyt szczęśliwie nazwał ten sygnał szumem, który kojarzy się z niepożądanymi zakłóceniami.

Str. 62 - Autor w pierwszym akapicie umieszcza frazę - *Formula 2.7 describes the SNR with the duty factor taken into account*. Tymczasem SNR jest opisane wzorem 2.20.

Str. 64 - Błędne sformułowanie w zdaniu: *Figure 26 illustrates the duty factor in the function of range*. Jest odwrotnie, wielkość *range* jest funkcją wielkości *duty factor*. Podpis pod Rys. 26 jest już poprawny.

Str. 87-88 - Rys. 41, prawa strona rysunku jest błędnie podpisana tj. - *right - and from AP3*

moving target and residual ground clutter visible. Zgodnie z pozycją [7] podpis pod Rys. 41 powinien być inny - *right - and from AP2, moving target and residual ground clutter visible*. Na Rys. 42 widoczne są dwie elipsy. Jedna jest związana z przesuniętym punktem dostępowym AP2 a druga nie wiadomo czy odnosi się do punktu AP1, czy do punktu AP3. Poproszę o podanie kryterium przemieszczenia punktu AP2 do nowego położenia na obronie rozprawy doktorskiej. Proszę również o omówienie kryteriów, według jakich są rozmieszczane punkty sieci WiFi, na przykład punkty na Rys. 44.

Str. 92 - W pierwszym akapicie Autor umieścił frazę *In the next stage ground clutter was removed using lattice filters [77, 85] (order of 70)*. Recenzent przeglądając pozycję [77] nie widział wykorzystania filtra kratowego do usuwania ech stałych w tej pozycji. Doktorant zaznaczył, że wykorzystywał filtr kratowy o długości 70 nie przeprowadzając choćby uproszczonej dyskusji nad wyborem tej wartości. Proszę o ustosunkowanie się do długości filtra na obronie pracy.

Na Rys. 46 w części środkowej funkcji CAF Doktorant zaznaczył echo samolotu Cessna C208. Natomiast w górnej części obrazu są widoczne dodatkowe i intrygujące silne echa obiektów poruszających się i nie bardzo wiadomo, jakich obiektów. Proszę omówić te dodatkowe silne echa na obronie.

Str. 99 – Drobną błąd edytorski w trzeciej kolumnie Tabeli 11. *Range* nie jest wyznaczane w [m/s].

Str. 100 – W akapicie pod Rys. 53 Doktorant zamieścił frazę - *The signal was processed in the following way: After the acquisition the crossambiguity function was calculated and filtered using lattice filtering*. Kolejność kroków przetwarzania sygnału jest niewłaściwa. Sygnał jest odbierany, filtrowany, a dopiero potem jest liczona funkcja CAF. Natomiast podpis pod Rys. 54 pokazuje poprawną kolejność przetwarzania sygnałów.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

W rozprawie przedstawiono oryginalne rozwiązanie problemu badawczego. Pokazano nowe możliwości wykorzystania sieci bezprzewodowych standardu IEEE 802.11 jako iluminatorów obiektów radarowych w radarach pasywnych w geometrii multistatycznej, co jest niewątpliwym osiągnięciem w naukach technicznych. W rozprawie wykorzystano zaawansowany aparat przetwarzania sygnałów generowanych przez sieci WiFi, następnie odbijanych od obiektu i analizowanych w odbiorniku w celu wyznaczenia położenia obiektu i prędkości jego poruszania się.

Zdaniem recenzenta praca jest bardzo interesująca również z praktycznego punktu widzenia. Radar pasywny z iluminatorami WIFI może być wykorzystany jako szeroko pojęty system monitoringu, zastosowany na przykład do:

- monitorowania ruchu ludzi w ograniczonym obszarze,
- zwiększenia funkcjonalności istniejących systemów obserwacji CCTV,
- wykrycia obecności pojedynczych obiektów ruchomych w obserwowanym obszarze,
- oceny licznosci grupy ludzi i monitorowania kierunku przesuwania się tej grupy,
- wykrycia małych latających obiektów w zurbanizowanym obszarze,
- oszacowania ruchu ulicznego w zurbanizowanych obszarach.

Radary pasywne z sieciami WiFi jako iluminatorami mogą mieć również zastosowania

militarne we wspomaganie detekcji obiektów o małej powierzchni skutecznej odbicia, w lotnictwie do ochrony samolotów przed spotkaniem z małymi obiektami. Lista możliwych zastosowań nie jest zamknięta.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a) niespełniająca wymagań,
- b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- c) spełniająca wymagania,
- d) spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem,
- e) wybitnie dobra zasługująca na wyróżnienie.

Zdaniem recenzenta, Autor zrealizował przedstawione w podrozdziale 1.2 cele pracy. Potwierdzenie sformułowanej tezy rozprawy zostało przedstawione w sposób dostatecznie jasny, precyzyjny i wyczerpujący. Pewna liczba uwag i komentarzy zamieszczona w poprzednich punktach recenzji nie umniejsza mojej wysokiej opinii o recenzowanej pracy. Stwierdzam, że opiniowana praca spełnia z wyraźnym nadmiarem warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w przepisach *Ustawy z dnia 14. 03. 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. z 2016 r. poz. 882 i 1311 z późn. zm.) oraz stosownych rozporządzeniach i innych przepisach wykonawczych.

Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Stanisława Rzewuskiego do publicznej obrony przed Radą Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej.

Ewa Śmiczer

Prof. Fabrizio Berizzi
tytuł, stopień, imię i nazwisko

data, 25.08.2017 r.

University of Pisa Włochy
miejsce pracy

***KWESTIONARIUSZ- RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ***

Tytuł rozprawy: „Passive target detection and localization using low power WIFI transmitters as illuminators „

Autor rozprawy: mgr inż. Stanisław Rzewuski

- 1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

What is the Scientific problem analysed in the thesis?

- a. Developed a WIFI-based passive radar called WIFIRAD for multistatic low power WIFI- based non –cooperative sensor network
- b. Analysis of the WIFI network traffic on the WIFI passive radar performance
- c. Method for ad hoc increasing traffic in the illuminating WIFI network for increasing the radar coverage
- d. Impact of the duty cycle on detection performances
- e. Experiment making use of real non – cooperation WIFI IO in network configuration

- 2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle /świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Is the sources analysis performed well (international literature review / state of the knowledge /industrial applications) providing the adequate knowledge of the author?

Yes, the author is aware of the passive radar panorama and mainly of the existing scientific results of the WIFI passive radar.

Are the conclusions from the literature review formed clearly and convincing?

Yes, the literature review is well done clearly enhancing the state of the art and the added value of the Phd thesis work.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Has the thesis author solved stated (as thesis objectives) problems and used proper method for that and are the applied assumptions correct ?

Mainly but a few aspects are not addressed. 1)The use of in-door APs which are not in sight to the reference antenna is not considered. In this case location of the AP is not easy because of strong multipath effect on the direct signal and consequently uncertain in the foci of the ellipsoids and target location in multistatic configuration occur 2) In the all presented experiments

- a. no measure of the max range coverage with or without duty factor modification is presented.
- b. No track plot of target potentially achievable in multistatic configuration are presented also in the case where AP where suitably positioned for that.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

What is the originality of the thesis, what is the author self and original contribution , what is the position of the thesis in comparison to international knowledge and level represented in international literature?

- a. Use of non-cooperating WIFI network
- b. Use of multistatic configuration
- c. Impact of the duty cycle factor in the detection performance
- d. Method for voluntary increasing the traffic in the WIFI network for increasing the radar coverage,
- e. Experiment for demonstration the concepts

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Has the Author show the ability to correctly presents obtained results (brevity, clearance, editorial correctness)?
Yes, organization and presentation of the result was really good.

6. **Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?**

See attached document (question no.6)

7. **Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?**

What is the usability of the thesis for technical sciences?
To improve knowledge in the research of short range passive radar

8. **Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:**

a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy

b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania

c/ spełniająca wymagania

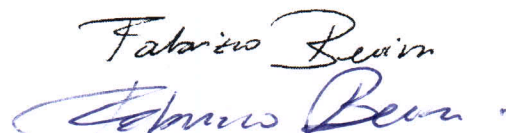
d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem

e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

My opinion is c but a few improvement in accordance of my comment (sixth question) would be welcomed. No other revision is needed.

Powyższe pytania mają charakter pomocniczy. Wskazane jest takie formułowanie treści recenzji, by można ją było odczytywać bez przeczytania pytań.

podpis



Fabiano Beirão