

Politechnika Warszawska

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

DZIEKAN I RADA WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMATYCZNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

zawiadamiają o

PUBLICZNEJ OBRONIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Mateusza Krzysztonia

która odbędzie się w trybie zdalnym w dniu 22 września r. o godzinie 14.00

Tytuł rozprawy doktorskiej: Wykrywanie i śledzenie chmury gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych sieci ad hoc”

promotor: prof. dr hab. inż. Ewa Niewiadomska-Szynkiewicz Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej

recenzenci: dr hab. inż. Andrzej Najgebauer, prof. uczelni Wydział Cybernetyki
Wojskowej Akademii Technicznej

prof. dr hab. inż. Roman Śmierzchalski Wydział Elektrotechniki I
Automatyki Politechniki Gdańskiej

Na stronie internetowej wydziału www.elka.pw.edu.pl/Wydzial/Rada-Wydzialu/Harmonogram-obron-doktorskich-streszczenia-i-recenzje znajdują się streszczenie rozprawy oraz recenzje, jak również dostęp do tekstu rozprawy umieszczonej w Bazie Wiedzy Politechniki Warszawskiej.

Sposób uczestniczenia w publicznej obronie:

Obrona odbędzie się za pomocą **platformy Zoom**, przy użyciu następujących parametrów połączenia:

*** <https://us02web.zoom.us/j/89440681842?pwd=cW9KbERtMzNUVjBSTmRNQUZjcjJGZz09>

Meeting ID: 894 4068 1842

Passcode: 8A3LWK

Dziekan



prof. dr hab. inż. Michał Malinowski

Autor: mgr inż. Mateusz Krzysztoń

Promotor: prof. dr hab. inż. Ewa Niewiadomska-Szynkiewicz

Tytuł: Wykrywanie i śledzenie chmury gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych sieci ad hoc

STRESZCZENIE

Na całym świecie są przewożone i składowane znaczne ilości toksycznych materiałów. Część z nich stanowią gazy ciężkie, które po uwolnieniu tworzą chmurę gazu cięższą od powietrza. Pomimo stale podnoszonych wymagań odnośnie standardów bezpieczeństwa nadal zdarzają się wypadki, w których niebezpieczne gazy ciężkie są uwalniane do atmosfery w ilości i stężeniu zagrażającym ludziom. Wystąpienie zagrożenia (wypadek, katastrofa naturalna itd.) wymaga przeprowadzenia akcji ratunkowej. Skuteczność działania służb ratowniczych zależy od stanu wiedzy na temat sytuacji w interesującym obszarze. Niezbędne informacje mogą być dostarczane przez czujniki pomiarowe tworzące sieci ad hoc, np. bezprzewodowe sieci sensorowe (ang. Wireless Sensor Network - WSN). W przypadku, gdy granice obszaru objętego monitorowaniem są zmienne w czasie, z uwagi na przemieszczanie się zagrożenia (np. chmury gazu ciężkiego), konieczne staje się zastosowanie systemów zbudowanych z czujników, które mogą w sposób autonomiczny zmieniać swoje położenie oraz pełnione funkcje, adaptując się do sytuacji. Przykładem takich systemów są mobilne sieci ad hoc (Mobile Ad Hoc Networks - MANETs) wyposażone w układy pomiarowe. Prowadzenie akcji ratowniczej wymaga koordynacji działań, a więc wzajemnego komunikowania się uczestniczących w niej urządzeń. Komunikacja powinna być w miarę możliwości rozproszona, niezależna od stałej infrastruktury transmisyjnej. W przypadku sieci obejmujących swoim zasięgiem znaczne obszary powszechnie stosowana jest komunikacja bezprzewodowa, wieloskokowa. Bardzo ważnym warunkiem decydującym o powodzeniu akcji jest zapewnienie stałej komunikacji między wszystkimi węzłami sieci i jednostką centralną zbierającą dane pomiarowe oraz koordynującą przebieg działań. Celem akcji ratunkowej po utworzeniu się chmury gazu ciężkiego jest zazwyczaj ewakuacja ludzi z zagrożonego terenu oraz okrażenie i neutralizacja chmury przez odpowiednie służby. Wzbogacone o czujniki gazu sieci typu MANET mogą w znacznym stopniu wspierać identyfikację zagrożenia, oszacowanie kształtu i wielkości obszaru pokrytego gazem ciężkim oraz śledzenie dynamiki chmury. Znaczną część rozwiązań zakładających wykorzystanie mobilnych czujników charakteryzuje się szeregiem ograniczeń utrudniających ich wykorzystanie w sytuacji rzeczywistych zagrożeń. Stąd w pracy przedstawiono alternatywne rozwiązania pozwalające na szybką detekcję i rozpoznanie zagrożenia, ocenę jego zakresu oraz dynamiki i śledzenie rozwoju sytuacji. Praca przedstawia system wspierający wykrywanie i śledzenie chmur gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych bezprzewodowych sieci sensorowych. Urządzenia tworzące sieć eksplorują środowisko w celu zlokalizowania chmury gazu, a następnie określają granicę obszaru pokrytego przez chmurę i śledzą jej dynamikę. Założono, że należy uwzględnić możliwość istotnych zmian topologii sieci w celu jej szybkiej adaptacji do zmian w monitorowanym środowisku. Opracowano nowe metody i algorytmy budowania samoorganizującej się sieci tworzonej przez współpracujące urządzenia. Szczególna uwaga została zwrócona na algorytmy planowania trajektorii ruchu dla przemieszczających się czujników, metody współpracy i energooszczędnej transmisji. Kryterium oceny jakości rozwiązania było jak najdokładniejsze określenie granicy skażonego obszaru oraz zagwarantowanie stałego monitoringu oraz komunikacji między wszystkimi węzłami sieci i stacją bazową. Zaproponowano kilka wariantów systemu, w tym uwzględniające techniki klasteryzacji sieci oraz metody sztucznego pola potencjalnego do planowania ruchu urządzeń. Opracowane autorskie algorytmy stanowią kluczowe komponenty wykonanego w ramach pracy symulatora mobilnej sieci do monitorowania chmur gazów ciężkich. Do symulacji rozprzestrzeniania się gazów ciężkich wykorzystano profesjonalne symulatory udostępnione przez ich twórców. Wykonano liczne eksperymenty, których celem było potwierdzenie skuteczności, efektywności i użyteczności zaproponowanych rozwiązań. Głównym kryterium oceny była dokładność wykonania zadań detekcji, pokrycia i śledzenia chmury gazu, przy jak najmniejszym koszcie zależnym od liczby zastosowanych urządzeń pomiarowych. Oceniona została również skalowalność rozwiązania w kontekście zwiększania liczby węzłów oraz możliwość adaptacji systemu do monitorowania innych zjawisk naturalnych o podobnej charakterystyce (np. rozlewy olejowe). Dodatkowym elementem pracy oraz podjętym obszarem badawczym była ocena przydatności technologii Bluetooth do realizacji komunikacji między węzłami sieci monitorujących otoczenie, w tym przebieg zjawisk takich jak rozprzestrzenianie się skażeń. Przeanalizowano, na podstawie eksperymentów przeprowadzonych w laboratorium i w terenie, poziom zużycia energii, zasięg oraz skuteczność komunikacji. Dokonano przeglądu rozwiązań umożliwiających komunikację wiele do wielu w kontekście wymagań zaproponowanego systemu wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. **Mateusza Krzysztonia**
pt. „**Wykrywanie i śledzenie chmury gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych sieci ad hoc**”

Recenzowana rozprawa doktorska przedstawiona została na 170 stronach, obejmujących wprowadzenie, 5 rozdziałów treści zasadniczej, podsumowanie, 139 pozycji literatury, na które autor powołał się w treści rozprawy oraz 2 dodatków.

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)?

Doktorant postawił sobie za cel naukowy zbadanie przydatności modelowania matematycznego i metod symulacyjnych do właściwego projektowania i implementacji systemu wspierającego wykrywanie i śledzenie chmur gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych bezprzewodowych sieci sensorowych. Przyjął, że aktywne elementy fizycznej sieci (urządzenia, sensory) wykonują zadanie lokalizacji chmury gazowej wraz z określeniem granicy obszaru pokrywanego przez chmurę. Ze względu na dynamikę chmury przyjęte zostało założenie, że topologia sieci może się zmienić w celu monitorowania środowiska. Jądem rozważań było opracowanie nowych metod i algorytmów budowania samoorganizującej się sieci tworzonej przez współpracujące urządzenia, w tym algorytmy planowania trajektorii ruchu dla przemieszczających się czujników, metody współpracy i energooszczędnej transmisji. Za kryterium oceny jakości rozwiązania Doktorant przyjął jak najdokładniejsze określenie granicy skażonego obszaru oraz zagwarantowanie stałego monitoringu oraz komunikacji między wszystkimi węzłami sieci i stacją bazową. W jasny sposób przedstawione zostały różne warianty systemu, w tym uwzględniające techniki klasteryzacji sieci oraz metody sztucznego pola potencjalnego do planowania ruchu urządzeń.

Sformułował przy tym trzy tezy naukowe, z których pierwsza i trzecia odnoszą się do podkreślenia wagi modelowania matematycznego do projektowania i weryfikacji sieci ad hoc oraz potrzeby wykorzystania do tego wydajnych środowisk symulacyjnych. W moim odczuciu można byłoby sprecyzować te dwie tezy w taki sposób, aby pokazać przewagę proponowanego podejścia nad innymi metodami a nawet w przypadku sieci ad hoc do zastosowań zarządzania kryzysowego wskazania unikalności tych metod i narzędzi.

Druga teza odnosi się do możliwości opracowania odpowiednich metod planowania ruchu węzłów sieci, pozwalających na skuteczną realizację zadania monitorowania w sytuacji braku zewnętrznej infrastruktury komunikacyjnej. I tu również należałoby podać miarę tej skuteczności.

Postawione zadania badawcze w rozprawie są jasne i poddające się weryfikacji. Rozprawa ma charakter zarówno teoretyczny jak i eksperymentalny. Teoretyczny w zakresie modelowania struktury sieci ad hoc oraz mobilności jej elementów. Eksperymentalny w zakresie symulacji działania tych sieci i badania jej charakterystyk chwilowych.

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

Autor rozprawy przeprowadził szeroką analizę źródeł w zakresie modelowania i symulacji chmury gazów ciężkich oraz metod wykrywania i monitoringu ich rozprzestrzeniania. Odwołania do literatury wraz z komentarzem pojawiają się w różnych miejscach rozprawy, odpowiednio do treści merytorycznych. Bibliografia zawiera 139 pozycji literatury, na które Doktorant powołuje się w treści rozprawy. Formułuje wnioski w sposób jasny, świadczący o wystarczająco wysokim stanie wiedzy w obszarze, będącym przedmiotem analizy.

Do interesujących w tym zakresie rozdziałów pracy należy rozdział 2 i 3, gdzie Autor definiuje podstawowe zagadnienia i opisuje stan wiedzy w odniesieniu do zagadnień modelowania i symulacji chmury gazów ciężkich oraz metod wykrywania i śledzenia skażeń chemicznych. Praca dzięki temu posiada pewien walor edukacyjny. Jedynie pewien niedosyt budzi pominięcie znanego i szeroko stosowanego przez odpowiedzialne służby oprogramowania ALOHA do planowania i reagowania na sytuacje zagrożenia chemicznego. ALOHA pozwala na wprowadzenie szczegółów dotyczących rzeczywistego lub potencjalnego uwolnienia substancji chemicznych, a następnie szacuje strefy zagrożenia. ALOHA umożliwia modelowanie chmury gazów toksycznych, chmury gazów palnych, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions), pożary silników odrzutowych, pożary basenów i wybuchy chmur parowych. Ze względu na treść tej pracy warto byłoby przeanalizować możliwości wspomnianego narzędzia i odnieść do własnych osiągnięć.

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

Doktorant rozwiązywał postawione zagadnienia, budując model mobilnej sieci ad hoc (MANET) i wykorzystując model ruchu PFM węzłów tej sieci, znany z literatury opracował szczegółową metodę wykrywania i śledzenia chmury gazów ciężkich oraz na bazie tych modeli i metod zaadoptował i rozszerzył znany z innych prac symulator bezprzewodowych sieci ad hoc MobASim do implementacji tych metod w postaci symulatora CloudBET. Do rozwiązania postawionych zagadnień wydaje się, że Autor użył właściwej metody, choć pewne założenia modelowe i sam model w opisie pomijający czas może prowadzić do nieporozumień, choć autor wyjaśnia, że to celowy zabieg w kierunku uproszczenia opisu. W efekcie prowadzi to do pominięcia faktu, że uzyskiwane charakterystyki są chwilowe i wnioskowanie o ich wartościach na bazie powtarzalnych eksperymentów symulacyjnych może prowadzić do fałszywych wniosków. Wymaga to szczegółowej analizy po przeprowadzeniu eksperymentów wykrywania i śledzenia symulowanej chmury gazów ciężkich, aby podjąć próbę identyfikacji procesów opisujących zmienność losową w czasie badanych

charakterystyk takich jak odległość centroida sieci czujników(sensorów) śledzących od centroida wykrywanej i śledzonej chmury gazów czy też średnica sieci (klastra) śledzącej lub kąt między podsieciami (różnymi klastrami) sieci sensorów. Doktorant co prawda poprzez wariantowanie różnych sytuacji w postaci scenariuszy w środowisku symulacyjnym zaprezentował te procesy i wybrane parametry statystyczne ale zaspokoiłoby moją ciekawość zwrócenie uwagi i skomentowanie tych procesów losowych. Moja uwaga raczej jest głosem w dyskusji niż zasadniczą krytyką podejścia prezentowanego w pracy, które oceniam w zasadzie jako trafne a szczegółowe analizy etapów detekcji, wyznaczania granicy chmury gazów i śledzenia dynamicznie zmieniającej się granicy chmury pokazują pewne wyrafinowanie Autora. Potwierdzają to również syntetyczne podrozdziały 6.4 i 6.5, w których doktorant porównuje zastosowane metody wykrywania i śledzenia chmury a także przedstawia ostateczną rekomendację do wykorzystania w praktyce.

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?

Rozprawa posiada oryginalne wątki, polegające na opracowaniu własnych modeli i zmodyfikowanych środowisk symulacyjnych do badania zjawisk rozprzestrzeniania się zagrożeń w postaci chmur gazów ciężkich. Interesujące wydaje mi się zamodelowanie zagrożeń chemicznych w postaci przemieszczającej się chmury gazów ciężkich i wykorzystanie do jej detekcji śledzenia bezprzewodowych sieci sensorowych a w szczególności sieci ad hoc. Ponadto zbudowanie własnego środowiska symulacyjnego CloudBET do badania różnych metod wykrywania i śledzenia zjawiska rozprzestrzeniania się chmury gazów ciężkich. Niewątpliwie wyniki badań symulacyjnych osiągnięte w pracy stanowią mocną część rozprawy. Sposób prezentacji wyników w tej części nie budzi zastrzeżeń, aczkolwiek wymagałby pewnego komentarza w zakresie statystyk i ich jakości, w kontekście identyfikacji procesów losowych opisujących przebieg badanych zjawisk. Do bardzo dobrych stron pracy należy zaliczyć uzyskaną implementację symulatora, co istotnie kwalifikuje pracę w dyscyplinie informatyki.

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

Doktorant zredagował pracę generalnie w sposób przejrzysty, choć nie ustrzegł się od pewnych uproszczeń, związanych z modelowaniem procesów z natury bardzo dynamicznych. Sposób prezentacji wyników jest zgodny z ogólnie przyjętymi w tym zakresie standardami, choć jak już sygnalizowałem można było pokusić się o pokazanie sposobu analizy stochastycznej lub zarysowania metody badania adekwatności uzyskanych rozwiązań w drodze symulacji.

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

Nie dostrzegam ewidentnie słabych stron rozprawy. Jedynie dyskusyjne są te elementy, które podnosiłem w punkcie 1, 2, 3 recenzji i punkcie 5. Rozszerzając prezentowane w pracy zagadnienia o identyfikację procesów losowych oraz sposób badania charakterystyk chwilowych tych procesów a także metody analizy tych

charakterystyk co w efekcie wnioskowania o wynikach uzyskiwanych w trakcie eksperymentów symulacyjnych podniosłoby walory tej rozprawy. Prosiłby zatem o komentarz do tej wypowiedzi w trakcie obrony pracy doktorskiej.

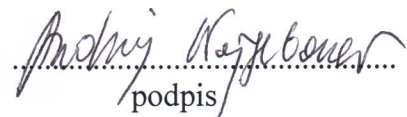
7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Pomimo przedstawionych uwag w istocie dyskusyjnych uważam, że praca ma wysoką przydatność dla zagadnień modelowania i badania systemów ad hoc do identyfikacji i śledzenia zagrożeń chemicznych, co jest istotne dla wielu dziedzin nie tylko nauk technicznych ale także nauk o bezpieczeństwie. Potrzeba prowadzenia badań sieci ad hoc dla obszaru kryzysowego szczególnie nadaje ważności prowadzonych przez Autora badań.

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

Uważam, że praca doktorska mgr inż. Mateusza Krzysztonia spełnia wymagania z wyraźnym nadmiarem i wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.


.....
podpis



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI
I AUTOMATYKI

Prof. dr hab. inż. Roman Śmierzchalski
tel. (+58) 348 63 27
email: roman.smierzchalski@pg.edu.pl

Gdańsk, 20 lipca 2020 r.

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

Tytuł rozprawy: **Wykrywanie i śledzenie chmury gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych sieci ad hoc**

Autor rozprawy: **mgr inż. Mateusz Krzysztoń**

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)?

Rozwój technik komputerowych spowodował w okresie ostatnich lat powstanie nowych metod obliczeniowych, programów oraz technologii w tym również w zakresie bezprzewodowych sieci sensorowych. Stosowane obecnie mobilne sieci sensorowe, wyposażone w układy pomiarowe pozwalają na przeprowadzanie odpowiednich działań, w tym np. ratowniczych w rejonach zagrożenia dla człowieka. Działanie takich sieci wymaga koordynacji, komunikowania się urządzeń w rozproszonym środowisku, niezależnie od infrastruktury transmisyjnej. Standardowo w przypadku sieci operujących na znacznych obszarach stosowana jest komunikacja bezprzewodowa. Niezbędnym czynnikiem prawidłowego działania takiej sieci jest zapewnienie stałej komunikacji między wszystkimi węzłami sieci i jednostką centralną koncentrującą dane pomiarowe oraz koordynującą przebieg rozproszonej akcji działania w obszarze zagrożenia.

Jednak biorąc pod uwagę dynamiczne przemieszczanie się zagrożenia (np. chmury gazu przy pożarze składowiska substancji toksycznych) problem przyjmuje inne formy ponieważ granice obszaru objętego monitorowaniem są zmienne w czasie. W tym wypadku sieć powinna posiadać odpowiednią funkcjonalność adaptowania się do zmiennej konfiguracji zagrożenia. W większości przypadków proponowane rozwiązania są słabo skalowalne w sytuacji gwałtownego rozszerzania się obszaru poddanego penetracji, a skuteczność i efektywność dostępnych systemów ograniczają się zazwyczaj do analiz i badań symulacyjnych przeprowadzonych dla uproszczonych modeli rozpoznawanych zjawisk.

Rozprawa doktorska wypełnia lukę w tym zakresie i podejmuje zagadnienie opracowania rozwiązań pozwalających na wykrywanie i kwalifikację zagrożenia, ocenę zakresu oraz dynamiki i śledzenie rozwoju sytuacji zagrożenia, co pozwoli na skuteczne działania służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo. W pracy podjęto trudny problem opracowania systemu pozwalającego na szybką detekcję i rozpoznanie zagrożenia, ocenę jego zakresu oraz dynamikę rozwoju. Tematyka obejmuje mobilne sieci ad hoc (Mobile Ad Hoc Networks MANET) wyposażone w układy pomiarowe uwzględniania szybkiej dynamiki zjawiska.

W pracy sformułowano 3 tezy badawcze: „mobilne sieci ad hoc mogą być z powodzeniem wykorzystane do monitorowania dynamicznych chmur gazów ciężkich przemieszczających się w nieznanym środowisku”, „obecny stan technologii bezprzewodowej, przy zastosowaniu odpowiednich metod planowania

ruchu węzłów sieci, pozwala na skuteczną realizację zadania monitorowania w sytuacji braku zewnętrznej infrastruktury komunikacyjnej”, „symulacja komputerowa jest skutecznym narzędziem do projektowania sieci ad hoc oraz przeprowadzenia wstępnej weryfikacji efektywności sieci w wybranym zastosowaniu”.

Biorąc pod uwagę przedstawione tezy oraz możliwość ich weryfikacji, określono cel główny polegający na opracowaniu i realizacji systemu wspomagania wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych bezprzewodowych sieci sensorowych, gdzie zadaniem urządzeń tworzących sieć będzie eksploracja środowiska w celu zlokalizowania chmury gazu, a następnie określenie granicy obszaru pokrytego przez chmurę i śledzenie jej dynamiki. Ponadto zakres prac obejmował opracowanie nowych metod i algorytmów budowania samoorganizującej się sieci tworzonej przez współpracujące urządzenia. Szczególna uwaga została zwrócona na algorytmy planowania trajektorii ruchu dla przemieszczających się czujników, metody współpracy i energooszczędnej transmisji. Kryterium oceny jakości rozwiązania określono jak najdokładniejsze określenie granicy wskazanego obszaru oraz zagwarantowanie stałego monitoringu oraz komunikacji między wszystkimi węzłami sieci i stacją bazową. Zaproponowano kilka wariantów systemu, w tym uwzględniające techniki klasteryzacji sieci oraz metody sztucznego pola potencjalnego do planowania ruchu urządzeń. Przedstawiono w oparciu o symulacje badania testowe określonych scenariuszy zdarzeń. W ramach pracy dokonano: przeglądu narzędzi i systemów oprogramowania do śledzenia chmur skażeń, z wykorzystaniem mobilnych sieci ad hoc oraz modeli opisujących proces rozprzestrzeniania się chmur gazów ciężkich, zaprojektowano bezprzewodową mobilną sieć ad hoc (MANET) do śledzenia chmur gazów ciężkich, które następnie zaimplementowano w symulatorze. Badania śledzenia chmur gazów ciężkich dokonano eksperymentalnie z wykorzystaniem symulatora. Zaprojektowany i opracowany przez Autora system jest propozycją w stosunku do istniejących rozwiązań, szczególnie gdy wymagane jest zachowanie warunków położenia dynamicznego chmury gazu ciężkiego.

Pewna drobna uwaga dotyczy sformułowania tezy pracy, Autor stwierdza, że „mobilne sieci ad hoc mogą być z powodzeniem wykorzystane do monitorowania dynamicznych chmur gazów”. Zdaniem recenzenta tezy zgodnie z tytułem rozprawy powinny odnosić się do wykrywania i śledzenia dynamicznych chmur gazów stworzenie systemu, co nie jest równoznaczne z monitorowaniem.

Uwzględniając powyższe praca ma charakter przede wszystkim projektowy, od strony teoretycznej przedstawiono wybrane metody modelowania i symulacji rozprzestrzeniania się chmur gazu ciężkiego oraz formułowania zadań optymalizacji, eksperymentalna część potwierdza efektywność systemu. Zdaniem recenzenta główny nacisk Autora skoncentrował się na opracowaniu określonego systemu oraz implementację algorytmów wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich. Wykazał się bardzo dużą umiejętnością w zakresie projektowania takiego typu systemów. Biorąc pod uwagę zakres pracy od strony praktycznej Autor opracował samodzielnie system, które może być wykorzystany do śledzenia zagrożeń.

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?

Autor dokonał przeglądu źródeł, 139 pozycji pod kątem stosowanych w rozprawie systemów wykrywania i śledzenia chmury gazu ciężkiego z zastosowaniem sieci ad hoc i technologii z tym związanych. Większość pozycji obejmuje prace po roku 2000. Autor w części teoretycznej na podstawie literatury definiuje podstawowe zagadnienia dotyczące metod wykrywania granicy zjawiska naturalnego, w tym chmury gazu ciężkiego. Autor wykazał istotne ograniczenia w istniejących koncepcjach, gdzie przede wszystkim nie uwzględnia się szybkiej dynamiki zjawiska. Autor znalazł w przywołanych w rozprawie źródłach metody, które jego zdaniem powinny być zastosowane do symulatora systemów wykrywania i śledzenia chmury gazu ciężkiego z zastosowaniem sieci ad hoc.

Autor dokonał na podstawie literatury porównania systemów sieci sensorów wykrywania i śledzenia chmur ze względu na przyjęte założenia, które dotyczyły między innymi ciągłości komunikacji między węzłami, dokładności stężenia pomiaru, gradientu zdalnego pomiaru, znajomości początkowego położenia granicy chmury oraz innych założeń. Ponadto dokonał porównania systemu ze względu na rodzaj zastosowania mechanizmu zmniejszenia zużycie energii i wyróżnił metody grupowania części węzłów, usypiania części węzłów, decentralizacji obliczeń optymalizacji, zmniejszenia liczby wiadomości, zmniejszenia zasięgu czujników.

Wnioski sformułowane przez Autora na podstawie przeglądu literatury są jednoznaczne i określają, że symulator może wspierać proces projektowania sieci potrzebnej do realizacji zadania wykrywania i śledzenia chmury gazu ciężkiego z zastosowaniem sieci ad hoc. Całość rozprawy świadczy o wiedzy Autora w zakresie samoorganizującej się sieci do wykrywania i śledzenia chmury gazu co wpisuje się w zakres dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Według bazy Scopus Autor rozprawy posiada w swoim dorobku 10 publikacji. Prace te przedstawiał zarówno na znaczących konferencjach jak i w czasopismach, cytowane 36 razy (h-indeks 3). Jednak w rozprawie doktorskiej Autor powołuje się tylko na jedną pracę samodzielnie. Analizując pozostałe publikacje treść tych prac obejmuje swoją tematyką recenzowaną rozprawę doktorską i we fragmentach odnosi się ściśle do treści tej rozprawy. Według recenzenta Autor powinien w bibliografii umieścić pozostałe prace i cytować w tekście.

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

Zagadnieniem, jakie Autor postanowił rozwiązać było stworzenie efektywnego systemu do wykrywania i śledzenia chmury gazów ciężkich gdzie każdy węzeł podejmuje autonomicznie decyzję o kierunku i prędkości poruszania się w przestrzeni roboczej, gdzie węzły wymieniają się między sobą informacjami o swoim położeniu oraz zmierzonym stężeniu gazu. Stężenie gazu będzie rejestrowane dla dwóch stanów: „1” dla wysokich poziomów stężenia przekracza wartość krytyczną i „0” w przeciwnym wypadku. Część eksperymentalna pracy odnosi się do symulowania procesu, gdzie szczegółowo opisano rozwiązania, których celem było potwierdzenie skuteczności, efektywności i użyteczności zaproponowanych rozwiązań. Głównym kryterium oceny była dokładność wykonania zadań detekcji, pokrycia i śledzenia chmury gazu, przy jak najmniejszym koszcie zależnym od liczby zastosowanych urządzeń pomiarowych. W większości symulatorów rozprzestrzeniania się gazów ciężkich chmura porusza się po obszarze płaskim oraz ignorowane są lokalne zaburzenia stężenia gazu, a także przeszkody które również powodują zmiany stężenia. Ponadto zakłada się regularny rozkład stężenia substancji, istnieje również wymóg współdziałania z zewnętrznym systemem komunikacji oraz centralną jednostką sterującą, nie bierze się pod uwagę wpływu przeszkód zlokalizowanych w przestrzeni roboczej na ruch węzłów, co znacznie odbiega od rzeczywistych sytuacji. Powoduje to, że symulowane stężenia gazów znacznie uproszczone nie wskazują prawidłowe sytuacje stężenie gazu. Proponowane metody określają dokładny kierunek ruchu chmur na podstawie wartości zmierzonych stężenia. Zaproponowana w pracy metoda składa się z trzech etapów: detekcji, wyznaczania i śledzenia granicy chmury. Zaprojektowany system w oparciu o sieci ad hoc zapewni automatyczną i szybką detekcję stężenia gazu poruszających się chmur, jednocześnie wykrywając zagrożenie. Efektywność systemu w warunkach rzeczywistych charakteryzuje wprowadzona minimalna liczba założeń projektowych, w tym możliwość określenia położenia węzłów sieci za pomocą systemu GPS oraz rozpoznawanie przeszkód.

Recenzent uważa, że opracowane metody i system uwzględniając przedstawione eksperymenty, pozwalają na efektywne wykrywanie i śledzenie chmur gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych bezprzewodowych sieci sensorowych. Autor opracował algorytmy stanowiące rozbudowę biblioteki bloków programowych w ramach stworzonego w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej PW symulatora systemów zdarzeń dyskretnych. W symulatorze mobilnej sieci do monitorowania chmur gazów ciężkich dla każdej chwili próbkowania wartości sygnałów sterujących procesem są obliczane w wyniku rozwiązania zadań optymalizacji z uwzględnieniem ograniczeń wartości i szybkości zmian sygnałów sterujących oraz wartości prognozowanych sygnałów wyjściowych.

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?

Na samodzielny i oryginalny dorobek Autora pracy składają się:

- opracowanie metod wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich jako obiektów dynamicznych z wykorzystaniem mobilnych bezprzewodowych sieci ad hoc w środowisku z przeszkodami,
- zastosowanie nowej metody spójności w sieciach samoorganizujących, co nie wymaga zastosowania zewnętrznego systemu komunikacji,

- dokonanie badań wariantów (metod wykrywania i śledzenia obiektów dynamicznych) z uwzględnieniem klasteryzacji sieci oraz metody sztucznego pola potencjalnego do planowania ruchu urządzeń dla wybranych scenariuszy,
- eksperymentalna analiza efektywności wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich oraz dobór parametrów sieci,
- opracowanie i badania metod bazowej, z klasteryzacji i zmodyfikowaną z klasteryzacją w procesie wyznaczania chmury gazów,
- opracowanie algorytmów omijania przeszkód z zachowaniem spójności klastrów sieci sensorów,
- wyznaczenie mechanizmu określania granicy chmury i śledzenia ruchu chmury,
- zaimplementowanie w ramach symulatora algorytmów wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich,
- opracowanie struktur działania systemu z organizacją sensorów oraz narzędzi wspomagających projektowanie sieci samoorganizujących się,
- przeprowadzenie badań i testów sieci bezprzewodowej dla różnych scenariuszy.

Oprócz prac związanych z projektowaniem, programowaniem i testowaniem w symulatorze systemu wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich do osiągnięć można zaliczyć prowadzenie badań w zakresie optymalizacji struktury sieci sensorów z komunikacją bezprzewodową, ze szczególnym uwzględnieniem efektywności wykrywania i śledzenia chmury gazu jako obiektu dynamicznego. Przedstawione osiągnięcia stanowią istotne rozwinięcie w stosunku do istniejących rozwiązań przedstawianych w literaturze.

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

Praca pod względem układu i kolejności sformułowanych problemów jest prawidłowo skonstruowana. Praca od strony redakcyjnej została przygotowana z dużą starannością. Język poprawny, jednak Autor się nie ustrzegł od kilku błędów, które zostaną przedstawione w dalszej części recenzji.

Dolny akapit strona 55 - „model planowania ruchu PFM zaproponowany w pracy [107]” skrót PFM nie określono w tekście, określenie znajduje się na następnej stronie,

strona 57 – „Bieżąca wartość referencyjnej odległości” ($d_j > 0$) powinno być w nawiasie,

strona 64 Uwaga dotyczy całej pracy - jest „węzeł sieci D_i ” powinno być „węzeł D_i sieci”,

strona 64 Zdanie „Od tego momentu wszystkie węzły D_j poza węzłem D_i rozpoczynają ruch w kierunku węzła D_i .” jest błędnie sformułowane,

strona 64 punkt 4.2.1 i inne strony - w pracy nie stosuję się jednolitej terminologii, naprzemiennie „węzeł D_i ” „urządzenie D_i ”,

strona 65 „Etap detekcji kończy się, gdy spełniony jest warunek (4.21)” to nie jest warunek tylko rozwiązanie zadania optymalizacji,

strona 65 Rys. 4.8 wskazane byłoby dodanie rysunków prezentujących ruch sieci co pozwoliłoby na lepsze zrozumienie etapu identyfikacji chmury,

strona 65 - „Po ponownym znalezieniu się w obrębie chmury podążą nadal w tym samym kierunku przez połowę czasu, który zużył poprzednio poruszając się między punktami granicznymi chmury” czasu nie można zużyć,

strona 66 „Algorytm 1 Eksploracja chmury przez węzeł D_i ” – algorytm ma charakter inżynierski z elementami losowymi, ze względu na losowy charakter generowanie punktów docelowych (eksploracja chmury) przebiega w sposób przybliżony. Należy zadać pytanie w jaki sposób dobiera się w algorytmie parametry i czy pozycje punktów docelowych są optymalne,

strona 67 jest „Lider sieci D_H ” powinno być „Lider D_H sieci”, co do D_H w pracy nie stosuję się jednolitej terminologii, naprzemiennie węzeł centralny D_H i Lider D_H sieci.

strona 66 - użyto termin „oddziaływanie centroida chmury” brak zdefiniowania centroida chmury

strona 66 – „ Jako pierwszy zastał przedstawiony wariant bazowy” powinno być Jako pierwszy został przedstawiony wariant bazowy

strona 70 jest „Pierwsza polega na modyfikacji zadania optymalizacji rozwiązywanego przez liderów klastrów D_{HK} ” powinno być „Pierwsza polega na modyfikacji zadania optymalizacji rozwiązywanego dla liderów klastrów D_{HK} ”

strona 75 zdanie „Wskazana jest w miarę możliwości duża odległość” nic nie wnosi.

strona 77 zdanie „i prawdopodobnie lepszej nie uda się uzyskać” nic nie wnosi, brak uzasadnienia .

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

Zdaniem recenzenta w pracy brakuje ogólnego schematu systemu wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich przedstawiającego poszczególne fazy działania.

Recenzent do pewnych niedociągnięć zalicza brak dyskusji związanych z rozwiązywaniem zadań optymalizacji nieliniowych dotyczących różnych faz wykrywania i śledzenia chmur. Należałoby wskazać metody rozwiązywania zadań optymalizacji, testy stopy, a także ze względu na problem dynamiczny (optymalizację dynamiczną) poddać dyskusji czas obliczeń, który powinien być zbliżony do rzeczywistego lub odpowiedni do dynamicznie zmieniających się położzeń chmury.

Na stronie 91 Autor przedstawił „Aby spełnić wymaganie dotyczące możliwości wykonywania zarówno dokładnych, a przez to czasochłonnych, jak i mniej dokładnych, i mniej czasochłonnych symulacji, w ramach modułu zostały zintegrowane wszystkie trzy symulatory opisane w rozdziale 2.3.” należy powyższe stwierdzenia szerzej skomentować w zakresie dokładności i czasochłonności opierając się na rzeczywistych danych lub przykładach.

Ważnym zagadnieniem, które Autor powinien szerzej omówić jest strojenie metod wyznaczania położzeń urządzeń do wykrywania i śledzenia (nie monitorowania jak jest w pracy) chmur (rozdział 6.3) przez eksperymentalny dobór parametrów np. w sieci przyjmuje się określoną liczbę klastrów i wartości współczynników wagowych. Autor wskazał w sposób ogólny znaczną wrażliwość dobranych wartości parametrów (współczynników wagowych) w zależności od zaproponowanych metod. Wskazane byłoby przeprowadzenie analizy wrażliwości poszczególnych parametrów na jakość rozwiązania.

Zdaniem recenzenta należało podjąć szerszą dyskusję na temat rozwiązań dla innych zadań testowych szczególnie z przeszkodami nieregularnymi.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Analizując recenzowaną pracę, główny nacisk został skierowany na opracowanie systemu i efektywnych metod wykrywania i śledzenia chmur gazów ciężkich z wykorzystaniem mobilnych sieci ad hoc wyposażonych w układy pomiarowe do szybkiej analizy zjawiska. Autor przedstawił nowe ujęcie zastosowania systemu i metod wyznaczania położzeń urządzeń mobilnych do wykrywania oraz śledzenia chmur szczególnie w wypadku braku infrastruktury komunikacyjnej z jednoczesnym zapewnieniem ciągłości komunikacji pomiędzy urządzeniami. Istotną zaletą systemu to szybka detekcja i rozpoznawanie zagrożenia, ocena zakresu oraz określenie dynamiki rozwoju zagrożenia. Autor podjął jednocześnie trudne próby analizy skuteczności komunikacji pomiędzy urządzeniami, w tym zagadnienia technologiczne. Całość pracy potwierdza duże umiejętności Autora od strony analizowanych zagadnień jak i programistycznej. Strojenie licznych parametrów algorytmu wymagało od Autora dużego nakładu czasu i doświadczenia w zakresie testowanych przykładów. Przedstawione w pracy propozycje metod i przeprowadzone symulacje mogą być wykorzystane do rozwiązywania określonej klasy zadań testowych, a także mogą być wskazówkami do tworzenia nowych narzędzi rozwiązywania tego typu problemów, a także do wykrywania innych zagrożeń i stanowią istotny wkład w dyscyplinę naukową Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

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

