

dr hab. Inż. Andrzej Bęben
Politechnika Warszawska, Instytut Telekomunikacji
ul. Nowowiejska 15/19 Warszawa
andrzej.beben@pw.edu.pl

Warszawa, 10.11.2024 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY NAUKOWEJ WOJSKOWEGO INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI – PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU BADAWCZEGO

Tytuł rozprawy: Zastosowanie mechanizmów estymacji stabilności łączy w celu poprawy efektywności funkcjonowania protokołów routingu dla sieci MANET

Autor rozprawy: mgr inż. Rafał Bryś

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

Rozprawa dotyczy opracowania nowej, efektywnej metod routingu w sieciach mobilnych MANET, której celem jest zapewnienie ograniczenia strat pakietów wynikających ze zmiany topologii sieci oraz warunków przekazu danych. Rozwiązanie proponowane przez autora polega na wykorzystaniu nowej metryki, która służy do oceny stabilności łączy pomiędzy węzłami sieci ad hoc. Metryka ta została zastosowana w rozszerzonej wersji protokołu routingu OLSR do zainicjowania prewencyjnej rekonfiguracji routingu w sieci, tak aby wyeliminować niestabilne łącza w grafie sieci i w efekcie ograniczyć zjawisko niekontrolowanej utraty pakietów.

Cel rozprawy i teza sformułowana przez autora, która brzmi „Estymacja stabilności łączy oraz zastosowanie mechanizmu decyzyjnego realizującego prewencyjne przełączanie tras routingu w oparciu o wyniki ww. estymacji zapewni znaczącą poprawę efektywności funkcjonowania protokołów routingu dedykowanych dla mobilnych sieci Ad-Hoc (MANET)”, są jasno określone, dotyczą ważnego problemu, którego istotność wzrasta wobec rosnącej popularności zastosowania sieci ad hoc w systemach łączności specjalnej, sieciach samochodowych, systemach Internetu Rzeczy, czy też systemach sieci wojskowych.

Rozprawa ma charakter doświadczalny. Proponowane rozwiązanie zweryfikowano w ramach eksperymentów przeprowadzonych z wykorzystaniem narzędzi symulacji komputerowej oraz zaimplementowanego prototypu systemu, który opracowanego wykorzystując dostępne implementacje protokołu OLSR o otwartym kodzie. Uzyskane wyniki mogą być zastosowane w praktyce.

- 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?**

Rozprawa zawiera 64 odwołania do publikacji, artykułów konferencyjnych, dokumentów standaryzacyjnych i specyfikacji. Analizę stanu wiedzy zamieszczono w rozdziale 2 i 3. W rozdziale 2 przedstawiono przegląd protokołów routingu stosowanych w sieciach MANET, uwzględniając protokoły reaktywne i proaktywne. Ponadto, przedstawiono zasadę działania podstawowych protokołów routingu stosowanych w sieciach MANET tj. AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector) i OLSR (Optimized Link State Routing).

W rozdziale trzecim przedstawiono analizę proponowanych w literaturze metod oceny jakości łączy bezprzewodowych w sieciach MANET. Metody te sklasyfikowano wg następujących kategorii: 1) metody wykorzystujące dane o obciążeniu ruchem, zużyciu energii lub jakości przekazu pakietów, 2) metody bazujące na ocenie jakości transmisji radiowej, 3) metody wykorzystujące informację o lokalizacji węzłów sieci ad hoc, oraz 4) metody bazujące na danych pozyskiwanych samodzielnie przez węzły w trakcie działania sieci.

Przedstawiona analiza źródeł i stanu wiedzy w obszarze protokołów routingu w sieciach MANET jest poprawna i świadczy o dobrej znajomości autora tematyki protokołów routingu rozważanych w rozprawie. Wnioski przedstawione w podsumowaniach rozdziałów nie budzą wątpliwości i stanowią dobrą motywację dla prowadzenia badań w rozprawie. Jednakże pewien niedosyt budzi ograniczenie liczby analizowanych prac jedynie do 64 pozycji, a także pominięcie w analizie najnowszych prac. Większość analizowanych prac wydano w latach 2000 - 2020, a brakuje analizy prac wydanych później. Biorąc pod uwagę, iż tematyka jest ważna i cieszy się niesłabnącym zainteresowaniem wobec powszechnego wykorzystania tego typu sieci, istotnym byłoby rozszerzenie analizy o najnowsze publikacje.

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

Postawiony w rozprawie problem, dotyczący poprawienia działania sieci MANET, został rozwiązany poprzez zaprojektowanie rozszerzeń protokołu routingu OLSR pozwalających na ocenę czasu dostępności łączy w grafie sieci. Dodatkowa wiedza o prognozowanym stanie łączy bezprzewodowych pozwala na zainicjowanie rekonfiguracji sieci zanim zostanie utracona komunikacja, co w efekcie prowadzi do zmniejszenia prawdopodobieństwa utraty pakietów sieci. Proponowane rozwiązanie bazuje na nowej metryce opisującej stan łącza, która uwzględnia czas dostępności łącza, zmienność tego czasu, a także czas upływający od ostatniej zmiany stanu łącza. Wartości metryki są zapisywane w lokalnej bazie danych i rozgłaszane wraz z informacją o aktualizacji topologii w protokole OLSR. Biorąc pod uwagę, że wartość metryki wzrasta wraz z upływającym czasem jest możliwa rekonfiguracja routingu w sieci, zanim dane łącza staną się niedostępne.

Efektywność proponowanej metody udowodniono przeprowadzając kompleksowe badania symulacyjne zakładając różne modele mobilności użytkowników i scenariusze wykorzystania sieci MANET. Pozytywne wyniki symulacyjne zostały również potwierdzone w badaniach przeprowadzonych z wykorzystaniem opracowanego prototypu. Prototyp ten zaimplementowano wykorzystując implementacje protokołu OLSR otwartym kodzie, co umożliwiło zaimplementowanie proponowanych rozszerzeń i przeprowadzenie eksperymentów w warunkach działania sieci.

Uzyskane wyniki badań potwierdziły, że proponowane rozwiązanie pozwala zwiększyć prawdopodobieństwo dostarczenia pakietów w sieci MANET. Nie ulega wątpliwości, że

zastosowanie symulacji komputerowej do przeprowadzenia badań efektywności działania proponowanego rozwiązania, a następnie implementacja prototypu i przeprowadzenie eksperymentów w przykładowej sieci jest właściwym i powszechnie uznanym podejściem. Natomiast pewien niedosyt budzi brak próby oceny proponowanego rozwiązania z wykorzystaniem metod modelowania matematycznego, choć takie próby były podejmowane.

Odnosnie przyjętych założeń dotyczących proponowanej metody pewną wątpliwość może budzić wartość metryki wyznaczona równaniem 4 w przypadku, gdy odchylenie standardowe wyniesie zero a estymowany czas działania łącza jest bardzo krótki. Ponadto, wydaje się uzasadnionym rozważanie zachowania systemu w przypadku wykorzystania wartości współczynników uśredniania w zależnościach 6 i 7 innych niż wartość 0.5. Należy zwrócić uwagę, że wartości współczynnika w algorytm uśredniania EWMA (*Exponential Weighted Moving Average*) pozwalają na sterowanie szybkością „zapominania przeszłości” co może pozwoliłoby dostroić proponowane rozwiązanie do sieci ad hoc o różnej dynamice zmian.

Pewnym mankamentem przeprowadzonych badań efektywności jest porównanie proponowanej metody wyłącznie do podstawowego protokołu OLSR, natomiast pominięcie w symulacjach innych rozwiązań proponowanych w literaturze o podobnym celu. Niewątpliwie takie porównanie pozwoliłoby na ocenę proponowanego rozwiązania względem innych proponowanych rozwiązań.

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?

Samodzielnym i oryginalnym osiągnięciem autora jest:

1. Zaprojektowanie nowej metryki opisującej stan łącza w sieciach bezprzewodowych MANET, która pozwala na ocenę i prognozowanie oczekiwanego czasu niedostępności łącza. Metryka ta również pozwala na prewencyjną rekonfigurację routingu w sieci, co przyczynia się do zwiększenia efektywności działania sieci MANET.
2. Zaprojektowanie algorytmów estymacji wartości metryki oraz propagacji tych danych w ramach wiadomości sygnalizacyjnych protokołu OLSR, na podstawie których jest podejmowana decyzja o rekonfiguracji routingu w sieci.
3. Opracowanie środowiska symulacyjnego, które umożliwiło przeprowadzenie badań efektywności rozszerzonej wersji protokołu OLSR.
4. Implementacja prototypu kodowanej metody oraz zaprojektowanie i przeprowadzenie eksperymentów warunkach zbliżonych do rzeczy rzeczywistych warunków pracy sieci MANET.

Oceniając pozycję rozprawy na tle rozwiązań przedstawionych w literaturze, należy podkreślić oryginalność proponowanych algorytmów oraz ich efektywność, którą wykazały przeprowadzone badania symulacyjne oraz eksperymenty. Przedstawione wyniki potwierdziły, że proponowane rozwiązania pozwalają uzyskać większą efektywność przekazu pakietów w porównaniu podstawowej wersji protokołu OLSR. Należy podkreślić praktyczne znaczenie uzyskanych wyników o czym świadczy implementacja prototypu oraz liczne publikacje autora na konferencjach i w czasopiśmie, w szczególności tych dotyczących systemów wojskowych.

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

Generalnie proponowane w rozprawie rozwiązania, a także uzyskane wyniki są przedstawione w sposób zwięzły, staranny i precyzyjny. Wartościowym jest zamieszczenie zwięzłego podsumowania osiągnięć przedstawionych w każdym z rozdziałów.

Redakcja rozprawy nie budzi zastrzeżeń, układ pracy jest czytelny i zrozumiały. Można mieć pewne zastrzeżenie co do rozdziału 4.5, w którym przedstawiono weryfikację wyznaczania wartości metryk, gdyż nie do końca jest jasny sposób przeprowadzenia opisanego eksperymentu. Ponadto, można mieć niewielkie zastrzeżenia do języka i użycia pewnych sformułowań, np. „rzeczywista sieć”, „jak widać na rysunku”, natomiast te drobne uchybienia nie wpływają na pogorszenie jakości rozprawy.

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

Do słabych stron rozprawy zaliczam:

1. Brak analizy najnowszych publikacji dotyczących routingu w sieciach ad hoc.

Należy podkreślić, że opracowanie efektywnych algorytmów routingu dla bezprzewodowych sieci ad hoc jest ważnym zagadnieniem, które cieszy się niestąbnym zainteresowaniem w związku z rozwojem systemów Internetu Rzeczy, sieci samochodowych czy też systemów łączności specjalnej. Proponowane są nowe rozwiązania, których analiza mogłaby być pomocna w rozwiązaniu rozważanego w rozprawie problemu oraz wzbogacenia przeprowadzonych eksperymentów.

2. Brak opracowania modelu analitycznego, który pozwoliłby na ocenę efektywności proponowanego algorytmu.

Proponowane rozwiązanie wykorzystuje metrykę dotyczącą jakości łączy, którą wyznaczono dość arbitralnie na podstawie analiz literatury. Przeprowadzone badania symulacyjne, a także wyniki eksperymentów związane z opracowanym prototypem potwierdzają efektywność działania zmodyfikowanego protokołu OLSR. Należy jednakże podkreślić, że symulacje i eksperymenty można było przeprowadzić jedynie dla wybranych scenariuszy i założonych warunków ruchowych. Z tego względu niewątpliwie wartościowym byłoby podjęcie próby opracowania modelu analitycznego, który pozwoliłby na wykazanie efektywności działania proponowanego rozwiązania w szerszym zakresie zastosowań. Oczywiście zdaję sobie sprawę ze złożoności problemu i trudności w opracowaniu takiego modelu, tym niemniej biorąc pod uwagę prace prezentowane w literaturze być może byłoby możliwe opracowanie choć przybliżonego modelu działającego dla wybranych warunków. Pewną namiastką takiego modelu jest analiza poprawności wyznaczania wartości metryki przedstawiona w rozdziale 4.5. Wydaje się, że rozszerzenie tych prac istotnie wzbogaciło by rozprawę.

3. Brak porównania efektywności proponowanego rozszerzenia OLSR do innych rozszerzeń o zbliżonym celu proponowanych w literaturze.

Pewnym mankamentem przeprowadzonych eksperymentów jest ograniczenie porównania efektywności proponowanej metody jedynie do podstawowej wersji protokołu OLSR. Należy jednakże zwrócić uwagę, że nawet zgodnie z przedstawioną analizą stanu wiedzy były proponowane inne metody i rozszerzenia protokołu, których celem była poprawa efektywności przekazu danych realizowana w zbliżony sposób. Zatem wydaje się, iż wartościowym byłoby porównanie proponowanych rozwiązań również do wybranych metod proponowanych w literaturze.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Nie ulega wątpliwości, że tematyka rozprawy dotyczy ważnego zagadnienia jakim jest opracowanie efektywnych metod routingu w sieciach MANET. Jak już wcześniej wspomniałem zagadnienie to cieszy się dużym zainteresowaniem ze względu na nowe obszary zastosowania bezprzewodowych sieci ad hoc, m.in. w obszarach sieci samochodowych, Internetu Rzeczy, systemów łączności w sytuacjach kryzysowych.

Proponowane w rozprawie rozwiązania mogą być bezpośrednio zastosowane w praktyce, zwłaszcza w systemach łączności specjalnej. Należy podkreślić, iż w ramach rozprawy został opracowany, zaimplementowany i przetestowany prototyp tego rozwiązania, który może stanowić podstawę dla opracowania możliwych do wdrożenia urządzeń.

O przydatności proponowanych rozwiązań świadczą również liczne publikacje autora na konferencjach i czasopismach, w szczególności tych dotyczących systemów wojskowych.

8. Konkluzja – do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a) niespełniająca wymagań stawianych rozprawom 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

9. Uzasadnienie

Opracowane rozszerzenia protokołu routingu OLSR bazujące na nowej metryce pozwalającej na ocenę stanu dostępności łączności w grafie sieci i inicjowaniu prewencyjnej rekonfiguracji routingu są oryginalne, wartościowe i mogą mieć szerokie zastosowanie w przyszłych bezprzewodowych sieciach ad hoc. Wyniki prac autora rozprawy zostały wygłoszone na międzynarodowych konferencjach i opublikowane w czasopismach znajdujących się na liście MEiN. Łączna liczba publikacji, których autorem lub współautorem jest autor rozprawy wynosi 18.

Biorąc powyższe oceniam, że **osiągnięcia autora rozprawy spełniają warunki stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień doktora** w odnośnych ustawach i po spełnieniu innych warunków formalnych, wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.



PODPIS ZAUFANY

ANDRZEJ PAWEŁ
BEBEN

11.11.2024 23:35:43 [GMT+1]

Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Andrzej Bibern