



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI,
TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI

Gdańsk, 16.05.2023 r.

Dr hab. inż. Jacek Rak, prof. PG
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł: Metody analityczne wspomagające projektowanie izolowanych łączy wirtualnych w systemach telekomunikacyjnych

Autor: Mgr inż. Maciej Sosnowski

Rozprawa doktorska mgra inż. Macieja Sosnowskiego dotyczy zagadnienia projektowania izolowanych łączy wirtualnych w systemach telekomunikacyjnych. Szczególna uwaga w rozprawie jest poświęcona analizie systemu kolejkowego obejmującego pojedyncze urządzenie obsługujące zadania, które mogą przebywać w kolejce o skończonej lub nieskończonej długości. Zadaniem analizowanego systemu jest obsługa wielu strumieni pakietów przesyłanych tym samym łączem transmisyjnym. Założeniem pracy jest obsługa każdego ze strumieni w sposób niezależny (tzw. właściwość „izolacji”), czyli niewpływający na jakość przekazu pakietów pozostałych strumieni. Rozważany problem jest niewątpliwie ważny i aktualny z uwagi na rolę schematu wirtualizacji zasobów w obecnych sieciach teleinformatycznych, jak i ze względu na prognozowane duże jego znaczenie w odniesieniu do przyszłych architektur sieci. Praca prezentuje w szczególności autorskie metody analizy systemu wykorzystującego schemat szeregowania pakietów oparty na koncepcji cyklu.

Oceniana rozprawa doktorska została napisana w języku polskim i składa się z sześciu rozdziałów numerowanych oraz kilku części nienumerowanych, m.in. opisu opracowanych narzędzi symulacyjnych i analitycznych, wykazu literatury, wykazu skrótów, wykazu symboli i oznaczeń, spisu rysunków oraz spisu tabel.

JRak

1. Jaki jest problem naukowy, cel i teza rozprawy oraz czy zostały one trafnie i jasno sformułowane?

Zadaniem naukowym rozprawy jest analiza właściwości systemu kolejkowego wyposażonego w pojedyncze urządzenie obsługujące zbiór niezależnych strumieni pakietów przesyłanych przez to samo łącze transmisyjne. Rozpatrywany problem obsługi strumieni jest niewątpliwie ważny w przypadku systemów oferujących wirtualizację zasobów infrastruktury obecnych sieci, w tym w szczególności obecnych systemów 5G. Wirtualizacja jest ważnym aspektem umożliwiającym zwiększenie stopnia efektywności wykorzystania zasobów systemu.

Celem pracy jest prezentacja autorskich metod analitycznych służących wsparciu procesu projektowania systemów realizujących koncepcję wirtualizacji. Szczególna uwaga jest poświęcona opisowi i analizie właściwości propozycji określonej mianem mechanizmu CB, tzn. szeregowania pakietów opartego na cyklu oraz jego modyfikacji CB+P i CB+P+GT. Cel pracy został jasno określony na stronie 10, a zakres prac opisany na stronie 12 odpowiada wymogom zwyczajowo stawianym rozprawom doktorskim.

W rozprawie zdefiniowano na stronie 11 cztery tezy. Ich sformułowania są w mojej opinii ogólnie poprawne i jasne. W szczególności zgadzam się z zaklasyfikowaniem pierwszych dwóch z czterech stwierdzeń jako tez, tj. Tezy 1:

„Zaproponowana metoda analityczna dla systemu wykorzystującego mechanizm CB jest metodą dokładną i pozwala na obliczenie: (i) rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej opisującej stan systemu, (ii) rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej opisującej czas przebywania pakietu w systemie oraz (iii) prawdopodobieństwa straty pakietu dla przypadku systemu ze skończoną długością kolejki”.

oraz Tezy 2:

„Zaproponowana metoda analityczna dla systemu wykorzystującego mechanizm CB+P jest metodą dokładną i pozwala na obliczenie rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej opisującej stan systemu”.

Tezy te są w mojej ocenie sformułowane także w sposób jednoznaczny i właściwy.

W mojej ocenie, dwa kolejne sformułowania wyszczególnione na stronie 11 rozprawy jako teza 3 oraz teza 4 mają bardziej charakter podsumowań/wniosków aniżeli tez.

2. Na czym polega oryginalny dorobek Autora i jakie jest znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Na oryginalny dorobek Autora ocenianej rozprawy moim zdaniem składają się następujące elementy:

Rak

- 1) opis koncepcji wirtualizacji zasobów systemu sieciowego wraz z szczegółowym omówieniem zasad tworzenia łączy wirtualnych zawarty w rozdziale 2. Rozdział ten w sposób przystępny omawia możliwe warianty relacji pomiędzy zasobami wirtualnymi oraz fizycznymi systemu oraz przedstawia konkretne przykłady zastosowań techniki wirtualizacji zarówno w odniesieniu do elementów systemu (np. dyski logiczne), jak i wirtualizacji na poziomie sieci (VLAN), funkcji sieciowych (NFV) oraz form wirtualizacji łączy poprzez zastosowanie technik zwielokrotnienia z podziałem czasu, częstotliwości oraz z rozpraszaniem kodowym;
- 2) szczegółowe omówienie w rozdziale 3 założeń konstrukcji schematu szeregowania pakietów w oparciu o mechanizm CB umożliwiający współistnienie kilku systemów wirtualnych obsługiwanych w danym węźle sieci. Analiza ta została rozszerzona o umiejscowienie proponowanego mechanizmu w ogólnej klasyfikacji systemów z okresami dostępności (aktywności) oraz niedostępności obsługi (okresami „wakacji”);
- 3) analiza systemu dyskretnego wykorzystującego schemat CB w tym m.in. opis sposobów określania wartości parametrów związanych z obsługą pakietów – w tym np. rozkładu czasu przebywania pakietu w systemie (rozdział 3.2.2) czy prawdopodobieństwa strat pakietów (rozdział 3.2.3). Zawartość tego rozdziału została dodatkowo wzbogacona poprzez dowody poprawności (np. dla wzoru 3.27);
- 4) rozszerzenie analizy mechanizmu CB obejmujące wariant systemu z czasem ciągłym ukazane w rozdziale 3.3 zawierające m.in. formułę umożliwiającą przybliżenie średniego czasu oczekiwania pakietu na obsługę skonfrontowane także z wynikami symulacyjnymi.
- 5) szczegółowy opis dwóch modyfikacji mechanizmu CB, tj. mechanizmu CB+P z priorytetami szeregowania pakietów oraz CB+P+GT (rozszerzonego dodatkowo o zastosowanie tzw. okresu ochronnego) zawartych w rozdziale 4 i (analogicznie jak w przypadku poprzedniego rozdziału) poddanych analizie w kontekście dwóch wariantów systemu dyskretnego oraz z czasem ciągłym m.in. w zakresie rozkładu stanu systemu i parametrów obsługi strumienia pakietów (analiza porównawcza dotycząca mechanizmów CB, CB+P, CB+P+GT oraz WRR).
- 6) opis znaczenia oraz umiejscowienie mechanizmu CB w architekturze Internetu Przyszłości – Systemu IIP ukazany w rozdziale 5b.

Rezultaty zaprezentowane w rozprawie (w szczególności zawartość rozdziałów 3-4) wskazują na zrealizowanie celu rozprawy, jak i wykazanie głównych tez rozprawy.

W tym miejscu warto również podkreślić poprawną i przejrzystą strukturę pracy, starannie opracowany wykaz pozycji literatury (118 reprezentatywnych prac wybranych adekwatnie do rozpatrywanego zagadnienia), jak również bardzo dobre przygotowanie pracy pod względem redakcyjnym (poprawny styl wypowiedzi, konstrukcji zdań, adekwatny dobór słownictwa, brak zauważalnych błędów literowych).

Reda

3. Czy Autor rozwiązał postawiony problem i czy użył do tego celu właściwych metod?

Analiza osiągnięć zaprezentowanych przez mgra inż. Macieja Sosnowskiego w ocenianej rozprawie doktorskiej daje podstawy do stwierdzenia, że Autor rozwiązał postawiony problem w obszarze projektowania mechanizmów obsługi strumieni realizujących koncepcję izolowanych łączy wirtualnych w sposób właściwy. Użyte w tym celu metody rozważań analitycznych wsparte oceną rezultatów symulacji należy uznać za właściwe. Zastosowana przez Autora praca metodologia jest ponadto adekwatna w odniesieniu do zwyczajowych wymagań stawianych rozprawom doktorskim.

Oprócz samej rozprawy, wymiernymi efektami prac badawczych mgra inż. Macieja Sosnowskiego w rozpatrywanym zakresie jest zbiór około 20 prac (ujętych również w wykazie literatury rozprawy) z okresu 2013-2023. Większość z nich została opublikowana w czasopiśmie. Na szczególną uwagę zasługują prace Autora będące pozycjami [2], [18], [83], [90] wykazu literatury rozprawy opublikowane w czasopiśmie:

- Multimedia Tools and Applications (jedna praca) - obecnie 70 pkt MEiN, Impact Factor (2021): 2,577,
- International Journal Electronics and Telecommunications (jedna praca) – obecnie 70 pkt MEiN,
- Journal of Telecommunications and Information Technology (dwie prace) – obecnie 40 pkt MEiN

bezpośrednio bądź pośrednio związane z tematyką rozprawy doktorskiej. Należy również zauważyć bardzo dobre (w kontekście rozpraw doktorskich) wartości parametrów naukowych, w tym indeksu Hirscha $H=6$ oraz liczby cytowań prac Autora wynoszącej 66 (według Google Scholar) na dzień finalizacji niniejszej recenzji. Świadczą one o zauważalnym na arenie międzynarodowej znaczeniu wyników badań Autora.

W tym miejscu warto podkreślić także wysoki stopień użyteczności rezultatów rozprawy m.in. dzięki publicznemu udostępnieniu przez Autora rozprawy kodu źródłowego opracowanych rozwiązań (pozycje [115], [117] i [118] wykazu literatury rozprawy).

4. Jakie są słabsze strony rozprawy?

Rozprawa jest w mojej ocenie wolna od poważniejszych wad. Moje uwagi (w znacznej mierze polemiczne) są następujące:

1. Pewnym ograniczeniem rozprawy wydaje się być skoncentrowanie się Autora rozprawy jedynie na aspekcie konstrukcji łączy wirtualnego, co w przypadku systemów sieciowych realizujących ideę wirtualizacji stanowi jeden z wielu aspektów projektowania takich systemów. Należy jednak podkreślić, że już nawet ten pojedynczy problem jest w istocie

Rak

nietrywialny, a zadanie konstrukcji efektywnych mechanizmów wirtualizacji umożliwiających korzystanie z zasobów łączy poprzez wiele niezależnych strumieni w sposób zapewniający izolację charakteryzuje stopień złożoności adekwatny dla rozpraw doktorskich.

2. Warto byłoby w odniesieniu do Rys. 3.1 wyjaśnić/zilustrować strukturę i zasadę działania bloku o nazwie „Przetwarzanie”.
3. Praca posiada ogólnie poprawną strukturę, a podział treści na rozdziały jest dosyć równomierny. Jednakże objętość niektórych rozdziałów (w szczególności dwustronicowego rozdziału 5) wydaje się znacznie odbiegać od pozostałych rozdziałów rozprawy. W tym kontekście warto byłoby rozszerzyć zawartość rozdziału 5 o bardziej szczegółowy opis Systemu IIP – np. w kontekście analizy efektywności mechanizmu CB w tymże systemie.
4. Styl prezentacji treści pracy jest ogólnie bardzo dobry. Zauważalne są jedynie drobne kwestie stylistyczne, np.
 - w przypadku niektórych wzorów (np. na stronie 35 czy str. 44-45, 47) brakuje przypisania im numeracji,
 - na stronie 71 zamiast „W [96], [97], [98]...” powinno być „W pracach [96], [97], [98]...”,
 - tytuły pewnych sekcji są niepełne (np. tytuł sekcji 3.3.1.2: „Wyprowadzenie”).
5. Lista pozycji spisu treści rozprawy pomija tytuły sekcji czwartego poziomu.
6. Podsumowanie pracy nie zawiera rozważań dotyczących otwartych problemów i możliwych kierunków dalszych badań.

Powyższe uwagi nie rzutują na moją sumaryczną pozytywną ocenę rozprawy.

5. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a/ nie spełniająca wymagań,
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- c/ zadowalająco spełniająca wymagania,
- d/ wykraczająca ponad poziom zadawalający (spełniająca wymagania z nadmiarem),
- e/ wybitna?

Podsumowując treść recenzji, moja sumaryczna ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Sosnowskiego jest **pozytywna**. Merytoryczna wartość osiągnięć Autora ukazanych w rozprawie jest wysoka. Z powodu spełnienia ustawowych wymagań, **wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Sosnowskiego do publicznej obrony.**

Z uwagi na istotę osiągnięć Autora ukazanych w rozprawie, staranność przygotowania samej rozprawy, jak również opublikowanie szeregu prac Autora w uznanych czasopismach

TKak

(wymienionych w sekcji 3 niniejszej recenzji) stanowiących ważną podbudowę merytoryczną ocenianej rozprawy, niniejszą rozprawę zaliczam do kategorii:

d/ wykraczająca ponad poziom zadawalający (spełniająca wymagania z nadmiarem).

Z powyższych powodów, **wnoszę także o rozpatrzenie możliwości wyróżnienia rozprawy.**

