



Wrocław, 3 września 2021

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Walkowiak  
Wydział Elektroniki  
Politechnika Wrocławska

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ  
DLA RADY DISCYPLINY INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA  
POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ**

**Autor rozprawy doktorskiej: mgr inż. Damian Kmiecik**

**Tytuł rozprawy doktorskiej: „Modelowanie kolejkowych systemów przelewowych z mechanizmami progowymi i wielousługowymi źródłami ruchu”**

**Promotor: prof. dr hab. inż. Mariusz Głąbowski**

**Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Sławomir Hanczewski**

**1. Zakres i charakter rozprawy**

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Kmiecika dotyczy zagadnień związanych z sieciami telekomunikacyjnymi, w szczególności zagadnień dotyczących optymalizacji wielousługowych systemów przelewowych z dodatkowymi mechanizmami zarządzania ruchem w postaci kolejkowania, bezprogowej kompresji ruchu elastycznego, progowej kompresji ruchu elastycznego i adaptacyjnego. W rozprawie analizowane są trzy podstawowe modele strumieni ruchu stosowane w sieciach telekomunikacyjnych: Erlanga, Engseta i Pascala. Główny cel rozprawy polega na opracowaniu analitycznych i symulacyjnych modeli wielousługowych systemów przelewowych z ruchem Erlanga, Engseta i Pascala, w których stosowane są wybrane mechanizmy kształtowania ruchu, a następnie zbadanie obciążalności systemów przelewowych z ruchem wielousługowym. Opracowane rozwiązania umożliwiają wyznaczenie parametrów wielousługowego ruchu przelewowego oraz parametrów definiujących jakość obsługi analizowanych systemów na poziomie zgłoszeń. Zastosowane w rozprawie rozwiązania i założenia w postaci: przelewu ruchu umożliwiającego obsługę zgłoszeń napływających do sieci poprzez alternatywne zasoby w przypadku gdy zasób pierwotny jest obciążony w stopniu uniemożliwiającym realizację zgłoszenia oraz dodatkowe mechanizmy zarządzania ruchem związane z kolejkowaniem oraz kompresją progową i bezprogową są zgodne z najnowszymi trendami obserwowanymi we współczesnych systemach telekomunikacyjnych. Tematykę rozprawy oceniam jako aktualną i ważną dla sektora ICT.

Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter zarówno poznawczy jak i użyteczny. W zakresie rozważań teoretycznych, mgr inż. Damian Kmiecik opracował modele analityczne oraz symulacyjne

wielosługowych systemów przelewowych z wybranymi mechanizmami zarządzania ruchem. Natomiast aspekt użytkowy rozprawy jest związany z przeprowadzeniem badań symulacyjnych i analitycznych pokazujących wpływ mechanizmu przelewu ruchu na obciążalność analizowanych systemów. W szczególności, badania wykazały, że zaproponowane metody zapewniają wyższą dokładność modelowania ruchu przelewowego niż metody dotychczas zaproponowane w literaturze.

## 2. Zawartość rozprawy

Rozprawa składa się z 8 rozdziałów. Pierwszy rozdział to wstęp opisujący motywację tematu rozprawy oraz tezę doktoratu. Rozdział 2 zawiera opis podstawowych pojęć teorii i inżynierii ruchu, w tym modele Erlanga, Engesta i Pascala. W rozdziale 3 Doktorant przedstawił informacje związane z modelowaniem systemów z ruchem przelewowym. Rozdział 4 opisuje metody wyznaczania prawdopodobieństwa blokady w wielosługowych systemach przelewowych bez mechanizmów kształtowania ruchu. W rozdziale 5 mgr inż. Damian Kmiecik przedstawił metody wyznaczania prawdopodobieństwa blokady w wielosługowych systemach przelewowych z kompresją ruchu. Następnie, w rozdziale 6 omówione są metody wyznaczania prawdopodobieństwa blokady w wielosługowych systemach kolejkowych z przelewem ruchu. Rozdział 7 opisuje środowisko symulacyjne wykorzystane do przeprowadzenia badań. Ostatni rozdział zawiera podsumowanie rozprawy. W mojej ocenie struktura rozprawy doktorskiej jest prawidłowa. Doktorant w bardzo logiczny i przejrzysty sposób przedstawił kolejne zagadnienia, co ułatwia lekturę i analizę zawartości rozprawy. Ponadto, pragnę podkreślić bardzo wysoką jakość rozprawy pod kątem językowym, stylistycznym i edycyjnym.

## 3. Poprawność i oryginalność postawionej tezy

Teza rozprawy jest sformułowana w następujący sposób: *Możliwe jest opracowanie efektywnych modeli analitycznych wielosługowych systemów przelewowych z kolejkowaniem zgłoszeń oraz mechanizmami bezprogowej i progowej kompresji.*

Pojęcie efektywności zawarte w tezie jest rozumiane przez Doktorant jako opracowanie modeli sieci na poziomie zgłoszeń (strumieni pakietów / przepływów), które będą charakteryzować się wysoką dokładnością uzyskiwanych wyników, umożliwiającą ich wykorzystanie na etapie analizy i wymiarowania sieci oraz wspierania funkcji sterujących procesem przyjmowania zgłoszeń.

W mojej opinii teza rozprawy jest sformułowana w poprawny sposób. Mgr inż. Damian Kmiecik na podstawie przeglądu literaturowego i własnej wiedzy prawidłowo określił zakres swojej rozprawy, koncentrując się na aktualnych i ważnych aspektach związanych ze współczesnymi sieciami telekomunikacyjnymi.

Teza została wykazana w rozprawie doktorskiej poprzez:

- Opracowanie modeli wielosługowego systemu przelewowego z uwzględnieniem dodatkowych założeń i ograniczeń.

- Opracowanie symulatora umożliwiającego zbadanie opracowanych metod.
- Przeprowadzenie obszernych symulacji i analiz umożliwiających porównanie wyników obliczeń analitycznych z wynikami eksperymentów symulacyjnych.

Według mojej opinii mgr inż. Damian Kmieciak rozwiązał postawiony problem naukowy stosując prawidłowe metody badawcze. Wyniki przedstawione w rozprawie zostały opatrzone dokładną analizą i dyskusją.

#### **4. Analiza źródeł (w tym literatury światowej i stanu techniki) świadcząca o dostatecznej wiedzy autorki w danej dyscyplinie naukowej**

Rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Kmieciaka dotyczy aktualnych zagadnień związanych z systemami telekomunikacyjnymi. Doktorant przeprowadził dokładny przegląd literaturowy. Lista pozycji bibliograficznych umieszczona w rozprawie zawiera 157 publikacji naukowych. Wśród nich znajdują się najważniejsze prace związane z tematyką teorii ruchu oraz inżynierii ruchu, modelami systemów jednousługowych Erlanga, Engesta i Pascala, wielousługowym modelem Erlanga-Engesta-Pascala, modelowania systemów z ruchem przelewowym. Stanowi to bardzo dobre wprowadzenie do dalszej części rozprawy prezentującej oryginalne koncepcje Doktoranta oraz ułatwia lekturę rozprawy. Należy podkreślić, że omawiane zagadnienia literaturowe są przedstawione w bardzo klarowny i uporządkowany sposób. Moim zdaniem, Doktorant posiada wystarczającą wiedzę i znajomość współczesnej literatury z zakresu związanego z tematyką rozprawy.

#### **5. Pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i stanu techniki reprezentowanych przez literaturę światową**

Tematyka rozprawy doktorskiej jest związana z aktualnie rozwijanymi kierunkami badań w zakresie sieci telekomunikacyjnych. Zagadnienia dotyczące modelowania systemów telekomunikacyjnych z uwzględnieniem wielu usług są obecnie ważnym tematem badawczym uwzględniając nieustannie rosnący wolumen ruchu w sieciach telekomunikacyjnych, zwiększające się potrzeby usprawniania działania sieci telekomunikacyjnych oraz rosnącą liczbę zróżnicowanych usług sieciowych oferowanych klientom indywidualnym i instytucjonalnym.

Doktorant w przedstawionej rozprawie doktorskiej kontynuuje prace badawcze prowadzone od wielu lat w Katedrze Sieci Telekomunikacyjnych i Komputerowych Politechniki Poznańskiej. W rozprawie poruszane są różne zagadnienia związane z modelowaniem systemów telekomunikacyjnych, uwzględniające najnowsze trendy w tym obszarze takie jak: łącza przelewowe, kompresja ruchu, mechanizmy kolejowania zgłoszeń. Na szczególne wyróżnienie zasługuje fakt, że Doktorant rozważa ruch wielousługowy, który jest dominujący we współczesnych systemach telekomunikacyjnych takich jak sieć Internet. Opracowane metody można wykorzystać na etapie wymiarowania zasobów sieci telekomunikacyjnych polegającym na określaniu wielkości niezbędnych zasobów do obsługi określonego natężenia ruchu telekomunikacyjnego na założonym poziomie jakości obsługi.

## 6. Znaczenie uzyskanych wyników dla danej dyscypliny naukowej

Jako najważniejsze oryginalne osiągnięcia rozprawy doktorskiej mgr inż. Damiana Kmiecika w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja należy wymienić:

- Opracowanie modelu wielosługowego systemu przelewowego z ruchem Erlanga-Engseta-Pascala gwarantującego wzrost dokładności określania parametrów ruchu wpływającego.
- Opracowanie modelu wielosługowego systemu przelewowego ruchu elastycznego Erlanga-Engseta-Pascala z uwzględnieniem kompresji bezprogowej zasobach pierwotnych oraz wtórnych.
- Opracowanie modelu wielosługowego systemu przelewowego ruchu elastycznego oraz adaptacyjnego Erlanga-Engseta-Pascala z uwzględnieniem kompresji progowej w zasobach pierwotnych oraz wtórnych.
- Opracowanie modelu wielosługowego systemu przelewowego z ruchem Erlanga-Engseta-Pascala z uwzględnieniem kolejkowania zgłoszeń w zasobach pierwotnych oraz wtórnych.
- Opracowanie modelu wielosługowego systemu przelewowego ruchu elastycznego oraz adaptacyjnego Erlanga-Engseta-Pascala z uwzględnieniem kolejkowania zgłoszeń oraz mechanizmami kompresji progowej i bezprogowej w zasobach pierwotnych oraz wtórnych.
- Opracowanie metody wyznaczania średniego czasu oczekiwania zgłoszeń w kolejkach zasobów pierwotnych oraz wtórnych.
- Opracowanie metody wyznaczania średniej długości kolejki wspólnej dla wszystkich klas ruchu oraz kolejek indywidualnych dla poszczególnych klas zgłoszeń w zasobach pierwotnych oraz wtórnych.
- Opracowanie symulatora umożliwiającego zbadania opracowanych metod.
- Przeprowadzenie obszernych symulacji i analiz umożliwiających porównanie wyników obliczeń analitycznych z wynikami eksperymentów symulacyjnych.

Należy podkreślić, że opracowane koncepcje oraz uzyskane wyniki mają duże znaczenia praktyczne. Doktorant zdefiniował i następnie rozwiązał realny i aktualny problem badawczy związany z modelowaniem wielosługowych systemów telekomunikacyjnych z mechanizmem przelewu ruchu.

## 7. Główne wady rozprawy, słabe stron wraz z krytycznymi uwagami szczegółowymi

### Uwagi natury ogólnej:

- Pewien niedosyt budzi fakt, że w rozprawie jest niewiele odniesień do konkretnych technologii sieciowych, w których można zastosować zaproponowane metody. Doktorant posługuje się dość szerokim pojęciem wielosługowych systemów i sieci telekomunikacyjnych z przelewem ruchu, jednak podanych jest niewiele przykładów zastosowań w obecnie używanych technologiach sieci telekomunikacyjnych.
- W przeprowadzonych badaniach symulacyjnych i obliczeniach analitycznych przyjęto pewne założenia dotyczące parametrów badanych systemów (np. liczba jednostek alokacji dla zasobu pierwotnego, zasoby wtórnego, wartości żądań, liczba źródeł). Moim zdaniem w

rozprawie brakuje szerszego uzasadnienia dlaczego wybrano takie wartości badanych parametrów. Podanie takiego uzasadnienia z odniesieniem do konkretnych technologii i scenariuszy byłoby dodatkową informacją dla osób zainteresowanych zastosowaniem opracowanych metod w rzeczywistych systemach telekomunikacyjnych.

- W rozprawie brakuje spisu stosowanych najważniejszych oznaczeń. Dodanie takiego spisu ułatwiłoby czytanie rozprawy.
- W podsumowanie rozprawy jest bardzo niewiele informacji na temat planowanych w przyszłości dalszych prac badawczych (ang. *future works*).

#### Uwagi polemiczne:

- Stosowanie łączy przelewowych z jednej strony usprawnia działanie sieci telekomunikacyjnych poprzez zmniejszenia prawdopodobieństwa blokady wewnętrznej, jednak z drugiej podnosi koszt całego systemu. Z praktycznego punktu widzenia interesujące byłoby zobaczyć wyniki analizy pokazujących wzajemne porównanie tych dwóch przeciwstawnych wskaźników (prawdopodobieństwo blokady i koszt). Taka analiza niewątpliwie byłaby interesująca dla podmiotów zainteresowanych stosowaniem zaproponowanych metod.
- Obecnie ważnym zagadnieniem w sektorze ICT jest efektywność energetyczna. Z punktu widzenia efektywności energetycznej interesująca byłaby analiza pokazująca w jakim stopniu systemy stosujące łączy przelewowe oraz inne analizowane w rozprawie mechanizmy zużywają więcej energii elektrycznej w stosunku do systemów bez tego typu rozwiązań. Podobnie jak w poprzedniej uwadze, taka analiza powinna być skupiona na pokazaniu ewentualnego kompromisu między dwoma przeciwstawnymi metrykami prawdopodobieństwa blokady i zużycia energii.

#### Uwagi szczegółowe:

- W rozprawie stosowane są pojęcia 'zgłoszenie' (występuje głównie w opisach metod) oraz 'żądanie' (występuję w opisie symulacji, np. tabele z opisem założeń symulowanych systemów). Czy obydwa pojęcia mają takie same znaczenie?
- Oznaczenie V1 stosowane do oznaczenia jednej z metod przedstawionej w rozdziale 4 jest bardzo podobne do oznaczenia  $V^1$  oznaczającego pojemność zasoby pierwotnego.

## 8. Konkluzja

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie jednoznacznie sformułowanego zagadnienia naukowego. Mgr inż. Damian Kmiecik wykazał w tej rozprawie w przekonujący sposób umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych, a także ich prawidłowej i wnikliwej interpretacji. Wymienione powyżej uwagi ogólne, polemiczne oraz szczegółowe nie mają znaczącego wpływu na pozytywną ocenę rozprawy. W związku z powyższym uważam, iż przedstawiona mi do

recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Kmicika spełnia wymogi zawarte w Ustawie dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r, nr 1669) oraz w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

*Wojciech*